

**PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO
CULTIVADO COM FEIJÃO E ALGODÃO, SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
PREPARO, ADUBAÇÕES E PLANTAS DE COBERTURA.**

DOLORICE MORETI

ILHA SOLTEIRA

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro – 2002

**PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO
CULTIVADO COM FEIJÃO E ALGODÃO, SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
PREPARO, ADUBAÇÕES E PLANTAS DE COBERTURA.**

DOLORICE MORETI

Engenheira Agrônoma

Prof^ª.Dra. MARLENE CRISTINA ALVES

Orientadora

Prof^º Dr. WALTER VERIANO VALÉRIO FILHO

Co-orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha solteira, para a obtenção de título de Mestre em Agronomia, área de Concentração em Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro-2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

DOLORICE MORETI

**PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO
CULTIVADO COM FEIJÃO E ALGODÃO, SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
PREPARO, ADUBAÇÃO E PLANTAS DE COBERTURA.**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a Dr^a Marlene Cristina Alves
Orientadora

Prof^o. Dr. Ronaldo Severiano Berton

Prof^o. Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello

DEDICO

A DEUS

Aos meus pais, Francisco Moreti e Valdira Boiago Moreti

Aos meus irmãos, irmã,
sobrinhos e sobrinhas
pelo carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

- À Professora Dr^a Marlene Cristina Alves, pela orientação, pela amizade, carinho, confiança e apoio na realização desse trabalho.
- À Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural pela liberação, apoio e oportunidade oferecida para realização do curso.
- À Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, pela concessão da vaga e pelas condições de trabalho oferecidas durante o transcorrer do curso.
- Ao professor Morel Passos de Carvalho pelo aprendizado, carinho e amizade.
- Aos professores do curso de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira: Walter Valério Waleriano Filho, Edson Lazarini, , Marco Eustáquio de Sá, Francisco Maximino fernandes, Aparecida Conceição Boliani, Kátia Luciene Maltoni, Kuniko I. Haga, Salatier Buzetti, Luiz Malcolm Mano de Mello, Olair José Isepon e Pedro César dos Santos pela dedicação e amizade durante este período, os quais fizeram parte de minha vida.
- Aos técnicos do laboratório da FEIS/UNESP: Valdivino, Ricardo, Carlinhos, João e Darcy, pela ajuda constante e amizade ao longo do curso.
- Aos amigos Alexandre Caetano Perozini e Anny Rose Mannigel, pelo ajuda, apoio, compreensão e laços de amizade.
- Aos funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa (FEP-Cerrado) da FEIS/UNESP, companheiros nos trabalhos de campo durante a realização da pesquisa.
- Aos funcionários da biblioteca em especial ao João Josué Barbosa, das secretarias da Pós-Graduação e do Departamento de Fitossanidade e Engenharia Rural e Solos, da Faculdade

de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira pela amizade e ótimo atendimento.

- À todas as pessoas amigas que fizeram parte de minha vida e muito contribuíram pela minha estada nesta Universidade.

ÍNDICE

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 – Indicadores de qualidade do solo.....	3
2.2 – Efeitos do sistema de manejo do solo nas suas propriedades.....	4
2.3 – Efeitos dos sistemas de manejo do solo nas suas propriedades químicas..	7
2.4 – Efeito das plantas de cobertura e rotação de culturas nas propriedades do solo e produtividade.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 – Localização e características gerais da área experimental.....	18
3.2 – Delineamento experimental e tratamentos.....	18
3.3 – Determinações.....	24
3.3.1 – Propriedades físicas do solo.....	24
3.3.2 – Propriedades químicas do solo.....	24
3.3.3 – Plantas de cobertura.....	25
3.3.4 – Produtividade das culturas de feijão e algodão.....	26
3.3.5 – Análise estatística.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 – Propriedades físicas do solo.....	33
4.1.1 – Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo.....	33
4.1.2 – Correlação entre as propriedades físicas do solo.....	35
4.2 – Propriedades químicas do solo.....	36
4.2.1 – Fósforo.....	40
4.2.2 – Matéria orgânica.....	43
4.2.3 – Acidez (pH em CaCl ₂).....	43
4.2.4 – Potássio.....	44

4.2.5 – Cálculo.....	46
4.2.6 – Magnésio.....	46
4.2.7 – Acidez potencial (H+Al).....	48
4.2.8 – Soma de bases.....	49
4.2.9 – Capacidade de troca catiônica.....	51
4.2.10– Saturação por bases.....	52
4.3 – Produção das culturas do algodão e feijão.....	54
5. CONCLUSÕES.....	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
01. Propriedades químicas do solo da área estudada no início da instalação do experimento.....	19
02. Resultado da análise do esterco de galinha aplicado no solo como parte dos tratamentos do trabalho realizado em 2001 e 2002, em Selvíria-MS.....	20
03. Produtividade média de matéria seca das plantas de cobertura estudadas.....	23
04. Quadrados médios e coeficiente de variação para macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo em função dos tratamentos e profundidades.....	34
05. Caracterização da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, na profundidade de 0,0-0,20 m em função dos tratamentos estudados, antes e depois de implantado o experimento.....	35
06. Coeficientes de correlação e significância entre macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo.....	36
07. Valores de F e coeficientes de variação (CV%) referentes aos teores de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), M.O. ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), pH CaCl_2 , K, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) e V (%) do solo em função dos preparos, adubos e plantas de cobertura, avaliados em 03.05.02 na profundidade de 0,00-0,10 m, no município de Selvíria-MS.....	38
08. Valores de F e coeficientes de variação (CV%) referentes aos teores de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), M.O. ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), pH CaCl_2 , K, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) e V (%) do solo em função dos preparos, adubos e plantas de cobertura avaliados em 03.05.02 na profundidade de 0,10-0,20 m, no município de Selvíria-MS.....	39
09. Valores médios de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	41
10. Valores médios de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), M.O. ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), pH CaCl_2 , K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) e V(%) de um LATOSSOLO VERMELHO no início da implantação do experimento e após a implantação dos tratamentos, avaliados em 03.05.2002, no município de Selvíria-MS.....	42
11. Valores médios do pH (CaCl_2) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	44

12. Valores médios do pH (CaCl_2) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	45
13. Valores médios de Ca ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	47
14. Valores médios de Mg ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	48
15. Valores médios de H + Al ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	50
16. Valores médios de H + Al ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	50
17. Valores médios de CTC ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	52
18. Valores médios de V (%) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.....	53
19. Quadrados médios, coeficientes de variação, valores de F e probabilidades para produtividade de algodão em função dos tratamentos.....	54
20. Desdobramento da interação preparo x adubação referente à produtividade de algodão em caroço – $\text{kg}.\text{ha}^{-1}$	55
21. Quadrados médios, coeficientes de variação, valores de F e probabilidades para produtividade de grãos de feijão avaliadas em duas épocas de plantio (2001 e 2002), em função do preparo e adubo, no município de Selvíria-MS.....	56
22. Desdobramento da interação época x preparo para a produtividade de grãos de feijão avaliado em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no município de Selvíria-MS.....	57
23. Valores médios de produtividade de grãos de feijão ($\text{kg}.\text{ha}^{-1}$) para o fator adubo avaliadas em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no município de Selvíria-MS.....	58
24. Desdobramento da interação época x adubo para produtividade de grãos de feijão ($\text{kg}.\text{ha}^{-1}$) avaliado em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no	

município de Selvíria-MS.....	59
25. Quadrados médios, coeficientes de variação, valores de F e probabilidades de ocorrência para produção de matéria seca do feijoeiro avaliadas em duas épocas (2001 e 2002), em função do preparo e adubos, no município de Selvíria-MS.....	59
26. Valores médios de produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), para época de cultivo, no município de Selvíria-MS.....	60
27. Valores médios de produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para o fator adubo cultivado em duas épocas, no município de Selvíria-MS.....	60
28. Desdobramento da interação época x adubo para a produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaliada em duas épocas, no município de Selvíria-MS.....	61
29. Desdobramento da interação preparo x adubo para a produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro, cultivado no município de Selvíria-MS.....	62

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
01. Croqui da área experimental com detalhe de um bloco.....	21
02 Preparo convencional. antes da implantação do experimento realizado em 10.06.2001.....	22
03 Vista geral da área preparada – Plantio convencional e plantio direto.....	22
04 Semeadura do algodão no sistema convencional e direto. direto realizado em 18.12.2002.....	23
05 Amostragem de solo com o anel volumétrico.....	25
06 Plantas de cobertura após a germinação ((30.10.2001).....	27
07 Distribuição do esterco orgânico antes da implantação do algodão (08.10.2001).....	27
08 Vista geral da crotalaria antes do seu manejo (28.11.2001).....	28
09 Vista geral do milheto antes do seu manejo (28.11.2001).....	28
10 Vista geral do milheto antes do plantio do algodão (12.12.2001).....	29
11 Vista geral da crotalaria antes do plantio do algodão (12.12.2001).....	29
12 Vista geral das parcelas com feijão no sistema de plantio direto (esquerda) e convencional (direita)	30
13 Cultura do feijão no sistema de plantio direto aos 34 dias após a sementeira (2ª safra).....	30
14 Feijão na época de colheita no sistema de plantio direto (09.07.2002).....	31
15 Algodão após a germinação no sistema de plantio direto (direita) e convencional (esquerda).....	31
16 Algodão na fase de desenvolvimento vegetativo aos 39 dias após a sementeira.....	32
17 Algodão na época de colheita (18.04.2002).....	32

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO COM FEIJÃO E ALGODÃO, SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO, ADUBAÇÕES E PLANTAS DE COBERTURA.

AUTORA: Dolorice Moreti

ORIENTADORA: Profª. Dra. Marlene Cristina Alves

Co-orientador: Profº Dr. Walter Veriano Valério Filho

RESUMO

O solo é um dos recursos de fundamental importância para a produção de alimentos. Sua conservação e recuperação, quando é visada a manutenção de sua qualidade, são primordiais para garantir o futuro das próximas gerações. O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-SP, localizada no município de Selvíria-MS, durante o ano agrícola 2001/02. O objetivo foi verificar as alterações de algumas propriedades físicas e químicas de um LATOSSOLO VERMELHO de cerrado, sob as adubações orgânica e mineral, plantas de cobertura estabelecidas nos sistemas de plantio direto e convencional, e cultivado com o feijão de inverno e algodão. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas. Nas parcelas foram instalados 2 tratamentos referentes aos preparos do solo, sendo o plantio direto e o preparo convencional. Nas subparcelas foram empregados 6 tratamentos, referentes às adubações e plantas de cobertura, sendo: esterco de galinha, esterco de galinha + ½ da adubação mineral recomendada, adubação mineral, crotalaria, milheto e testemunha. Foram realizadas as seguintes análises físicas do solo: macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo. As análises químicas foram para fins de fertilidade. Em relação às plantas, estudou-se: produção de grãos e matéria seca de feijão (*Phaseolus vulgaris*), produção de algodão em caroço (*Gossypium hirsutum*) e produção de matéria seca das plantas de cobertura. As coletas do solo destinado às análises foram realizadas nas profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m. Os sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e os adubos não alteraram as propriedades físicas do solo. Os adubos e as plantas de cobertura interferiram nas propriedades químicas do solo, melhorando os teores dos seus nutrientes. Os sistemas de preparos do solo, plantas de cobertura e os adubos interferiram na produtividade do feijão e do algodão, sendo que, o sistema de plantio direto apresentou maior produtividade. Em relação às plantas de cobertura, o milheto proporcionou maior

produtividade do algodão. Em relação às adubações, os tratamentos com o esterco de galinha e o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral proporcionaram maiores produtividades para o feijão e o algodão.

Termos de indexação: manejo, cerrado, crotalaria, milho e esterco de galinha.

SUMMARY

PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL PROPERTIES WITH BEAN AND COTTON CROPS UNDER DIFFERENT SYSTEMS PREPARATIONS, COVERING PLANTS AND MANAGEMENT SYSTEMS.

Author: Dolorice Moreti

Advisor: Prof^ª. Dra. Marlene Cristina Alves

Co-Advisor: Prof^º Dr. Walter Veriano Valério Filho

Soil is a resource of fundamental importance for the food production. Its conservation and recovery, when the objective is the quality maintenance, are very important to certify the future of next generations. This research was made in the Experimental Farm of Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira County, State of São Paulo during the agricultural year of 2001/02. The objective was to verify the alterations of some physical and chemical properties of a RED LATOSOL of Brazilian's Savannah under organic and mineral fertilizations, covering plants in no tillage and conventional tillage systems, and with bean and cotton crops. The experimental design was A randomized complete blocks with split-plots. In the plots were installed 2 treatments regarding the preparations of soil (no tillage and conventional tillage). In the subplots were installed 6 treatments which were: chicken manure fertilizer, chicken manure fertilizer + half of the recommended mineral fertilization, mineral fertilizations, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum americanum* and control. The following soil physical analysis were made: macroporosity, microporosity, total porosity and bulk density. The chemical analysis were made to evaluate soil fertility. In relation the plants were: grain yield and plant dry matter of bean (*Phaseolus vulgaris* L), cotton yield (*Gossypium hirsutum*) and dry matter production of the covering plants. Soil samples were collected at depths of 0.00-0.10 m and 0.10-0.20 m. Soil management systems, covering plants and fertilizers affected the bean and cotton productivities, in which the no tillage system, showed higher productivities. In relation to the covering plants, the *Pennisetum* showed higher productivities of cotton. In respect to the fertilizers, the treatments with chicken fertilizer and chicken fertilizer + half of the recommended mineral provided higher productivities for bean and cotton crops.

Index terms: soil management, Savannah, *Crotalaria juncea*, *Pennisetum americanum* chicken manure fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

Nos países desenvolvidos é onde mais cresce a consciência sobre as distorções ambientais dos atuais sistemas de produção e de conservação de alimentos, e com isso é crescente a preocupação com a preservação dos recursos naturais usados na produção, requerendo novos métodos na exploração agropecuária que venham reduzir os impactos ambientais adversos, onde se embute a “agricultura sustentável” (DAROLT, 1998).

O solo é um dos recursos de fundamental importância para a produção de alimentos e matéria prima, portanto, a sua conservação e recuperação para a manutenção de sua qualidade são primordiais para garantir sua preservação para as gerações futuras.

Todo solo apresenta propriedades físicas e químicas definidas em função da rocha matriz, processos pedogenéticos, tipos de vegetação natural, topografia, etc. No seu estado natural e em função da expansão das regiões de fronteiras agrícolas, ocorreram os desmatamentos excessivos, adoção de mecanização intensiva e o uso de práticas e manejo inadequados, resultando nas alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Essas mudanças levam ao processo erosivo (degradação), conseqüentemente provocando uma redução da produtividade devido ao arrastamento dos nutrientes e matéria orgânica, surgimento de voçorocas dificultando o uso de máquinas agrícolas, tornando a atividade mais difícil e mais onerosa.

As alterações que ocorrem na estrutura do solo podem ser verificadas pelas altas densidades, dificultando a penetração das raízes no solo (KIEHL, 1979; RAPER & REEVES, 1998) e afetando também a porosidade total, distribuição e diâmetros de poros, porosidade de aeração, capacidade de armazenamento de água, disponibilidade para as plantas, consistência e máxima compactibilidade do solo (KLEIN et al., 1995).

Vários sistemas de manejo têm sido estudados visando a manutenção da fertilidade do solo e controle de erosão, com o objetivo da redução dos custos operacionais e aumento da renda líquida para uma agricultura sustentável.

Segundo MIELNICZUK et al. (1993), a reversão do processo de recuperação do solo poderá ser obtida a médio e longo prazo pela adoção de sistemas de manejo com culturas de alta produtividade de resíduos, fixação simbiótica de nitrogênio e pouco revolvimento do solo, resultando num aumento de matéria orgânica, de nitrogênio e da capacidade produtiva.

Para o bom desenvolvimento das culturas o solo deve apresentar ótima condição física, ou seja, estar bem estruturado, com boa distribuição de poros que otimize a disponibilidade de água e trocas gasosas, permitindo um bom desenvolvimento do sistema radicular (sem impedimentos) e temperaturas adequadas. Visando isto, pesquisas realizadas têm mostrado que, a rotação de culturas e adubação verde influenciam na infiltração de água, na conservação do solo, melhora o teor de matéria orgânica e nitrogênio do solo, oferece um melhor retorno na rentabilidade da produção principalmente, quando a rotação é integrada no plantio direto.

Segundo DAROLT (1998) um sistema agrícola para ser sustentável deve proporcionar rendimentos estáveis a longo prazo, utilizando técnicas de manejo que integrem os componentes do sistema de maneira a melhorar a eficiência biológica do mesmo, onde se tem o aumento do rendimento e produção econômica, a estabilidade ecológica e da equidade social. Neste contexto, o plantio direto se insere, por possuir processos que mais se aproximem a um ecossistema natural.

O plantio direto por sua vez é um sistema de manejo desejável para a preservação da fertilidade do solo e melhoria da produtividade, uma vez que, as alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo provocadas pelo mesmo, favorecem uma maior homogeneidade estrutural, estabilização dos agregados e uniformização do sistema capilar. Os resíduos vegetais, que ficam sob a superfície do solo, evitam as oscilações bruscas de temperatura, umidade e a ação lenta e gradativa dos microorganismos na decomposição da matéria orgânica, numa condição que se aproxima bastante dos sistemas ecológicos naturais (MUZILLI, 1985).

Do exposto, espera-se que os sistemas de preparo do solo, os adubos orgânico, organomineral e mineral, assim como as plantas de cobertura, melhorem as propriedades físicas e químicas do solo, refletindo positivamente na produtividade das plantas cultivadas.

Neste enfoque, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades físicas e químicas do solo sob adubações orgânica e mineral e plantas de cobertura em plantio direto e convencional cultivado com feijão e algodão, na região de Selvíria-MS.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Indicadores de qualidade de solo

As definições de qualidade de solo expressam a sua capacidade potencial de efetivamente produzir no presente e no futuro, que por sua vez deve apresentar a habilidade de incrementar a produtividade da planta e a biológica, habilidade de atenuar os contaminantes ambientais, patógenos e, impedir os prejuízos e interrelacionar entre a qualidade do solo, planta e a saúde humana. A qualidade do solo tem como indicadores básicos as suas características físicas (textura, temperatura, densidade do solo, água do solo e sua retenção), carbono orgânico total, características químicas e biomassa microbiana. Sendo que a densidade do solo é variável para um solo de acordo com a sua estruturação, permitindo avaliar outras propriedades como a drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, a permeabilidade à água e ao ar e a capacidade máxima de retenção de água (DORAN & PARKIN, 1994).

Solos compactados, que podem ser verificados pelas altas densidades dos solos em função do uso e manejo incorreto, dificultam a penetração das raízes no solo (KIEHL, 1979; RAPER & REEVES, 1998), impedindo o bom desenvolvimento das plantas e a produtividade pela deficiência na absorção de água e nutrientes do solo pelas raízes. Segundo KIEHL (1979) a densidade do solo para solos argilosos naturais é de 1,00-1,25 kg.dm⁻³; a macroporosidade mínima deve ser de 1/3 dos 50 % ocupados pelos espaços vazios, ou seja, 0,17 m³.m⁻³, já BAVER et al. (1972), mencionam que a macroporosidade mínima para não prejudicar o sistema radicular das plantas e aeração do solo é de 0,10 m³.m⁻³.

De acordo com DAROLT (1998) deve-se utilizar um sistema de utilização do solo para fins agrícolas de maneira que reduza os impactos ambientais adversos, isto é, uma agricultura sustentável, cujo objetivo é a estabilização da produção com rendimentos estáveis em longo prazo e com eficiente utilização de energia e dos recursos naturais renováveis com um grau mínimo de degradação do ecossistema e não a maximização da produção. Dentro deste enfoque, o plantio direto é o menos agressivo à natureza, favorece a uma mínima perda de água e reduz os riscos de enchentes, assoreamento, poluição de rios e lagos e ainda reduz o aporte de sedimentos, nutrientes e agrotóxicos (ROMANO, 1997).

2.2 – Efeitos do sistema de manejo do solo nas suas propriedades físicas

Todo solo apresenta, em seu estado natural, propriedades físicas e químicas definidas em função da rocha matriz, processos pedogenéticos, tipos de vegetação natural, topografia, etc. A alteração da vegetação natural e o uso da mecanização intensiva favorecem alterações nas propriedades do solo levando ao processo de degradação (erosão). Dependendo das condições de uso e manejo no processo produtivo, as características físicas do solo podem se modificar, evoluindo-se para situações positivas ou negativas ao crescimento (relação solo-água-planta) e produtividade (SILVA et al., 1992). Dentre as propriedades físicas do solo que são afetadas pelo sistema de manejo, tem-se: porosidade total, densidade do solo, agregação das partículas do solo, diâmetro e distribuição dos poros, compactação, capacidade de drenagem e retenção de água no solo, condutividade hidráulica, disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, matéria orgânica e a atividade biológica.

O uso intensivo de preparo do solo que vem sendo utilizado nas áreas de produção atua como desagregador de suas partículas, da camada superficial, desestruturando assim o solo e como consequência alterações das outras propriedades físicas inter-relacionadas, resultando na degradação do solo. Portanto, a erosão é acelerada pelas alterações nas propriedades físicas do solo.

Um solo que se encontra com floresta natural é visível a sua boa estruturação, quantidade e distribuição de poros, presença de matéria orgânica e boa capacidade de infiltração de água. Entretanto, o uso intensivo do solo, quebra o equilíbrio que havia naquele habitat, iniciando-se o processo de translocação de argila no perfil do solo, a compactação, alterações na porosidade do solo que irá interferir na aeração e capacidade de retenção de água e na percolação. Também o uso de diversos insumos trás mudanças adversas ao ambiente e às propriedades do solo, levando a uma redução na produtividade. Segundo KIEHL (1979) a porosidade do solo está relacionada com o oxigênio que interfere no crescimento das plantas, sendo o mesmo afetado pelo maior ou menor suprimento de oxigênio pelo ar do solo. A maior concentração de oxigênio na rizosfera favorece um maior crescimento das raízes, e as raízes por sua vez, removem do solo o oxigênio, a água e os nutrientes necessários à subsistência das plantas.

A compactação superficial, caracterizada pela alta densidade do solo, leva à uma redução na infiltração de água no solo e maiores perdas por erosão laminar. A redução da

água disponível para as plantas durante o ciclo das culturas, leva há uma redução no desenvolvimento das plantas e produtividade, pois a água é o principal fator limitante.

A água do solo contém gases solúveis em dissolução (solução do solo). Os íons encontrados na solução do solo são: H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{2-} , CO_3^{2-} e ainda baixa concentração de Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , SiO_4^{2-} e outros micronutrientes. A água de um solo está diretamente relacionada com a absorção de nutrientes pelas plantas e a sua falta ou excesso provoca a redução de nitrogênio e amarelecimento das folhas (KIEHL, 1979). A infiltração de água no solo é um parâmetro afetado pelas variáveis: textura, porosidade, estabilidade dos agregados, cobertura vegetal, cobertura morta, condutividade hidráulica, etc (VIEIRA, 1985).

A compactação pode ser definida como a redução da macroporosidade ou porosidade de aeração ou aumento da microporosidade, densidade do solo e da resistência à penetração, resultante da dispersão ou rearranjo dos agregados e aproximação das partículas primárias causadas pelo pisoteio animal, trânsito de máquinas ou impacto das gotas de chuva. No sistema convencional, pode ser causada pela mobilização em condições de umidade inadequada ou por inadequação de calagem, cuja dose total é para a camada de 0,00-0,20 m e se incorporada superficialmente, até 0,10 m de profundidade leva a uma superdosagem (TORRES et al., 1998). O adensamento e a compactação, no sistema de plantio direto, ocasionado na camada superficial com a tração mecânica e pressão das máquinas, implica na redução do espaço aéreo, reduzindo a densidade e como consequência desse processo haverá um aumento da resistência mecânica à penetração das raízes (BERTOL, 1989).

Segundo ANDREOLA et al. (2000b), para solos compactados recomenda-se a aplicação de matéria orgânica nas suas diferentes formas (adubos verdes, esterco de animais, compostagem, tortas ou resíduos diversos), que além de reduzir a compactação e a densidade do solo há um aumento da macroporosidade, porosidade total. Facilita-se a movimentação de ar e água, infiltração de água no solo e drenagem em solos argilosos, e melhora a penetração do sistema radicular (OLIVEIRA FILHO et al., 1987). Para SILVA & SILVA (1998), o esterco de galinha pode ser utilizado como condicionador das propriedades físicas do solo e como material importante à elevação dos patamares de carbono.

Trabalho realizado por SIQUEIRA et al. (1993), verificou que o preparo convencional apresentou maior porosidade e menor teor de água e tendenciou a uma maior resistência à penetração quando foi utilizada a mucuna, em estudo realizado na profundidade de até 0,20 m. No caso da cultura de feijão o revolvimento do solo através da aração, independente da

cobertura vegetal, proporcionou maiores produtividades do feijão e no sistema de plantio direto a cultura foi mais viável com o uso de leguminosas.

Trabalhos realizados por SILVA & SILVA (1998) no Ceará, concluíram que a eficiência do esterco de galinha em relação à testemunha evidenciou-se pelos aumentos de 28 % no comprimento das espigas, 148 % no rendimento do milho, 172 % na biomassa e 105 % no número de grãos/espigas, quando comparado os dois tratamentos. Na dose de 14,3 t.ha⁻¹ de esterco de galinha, revelou-se, portanto, como uma excelente fonte de nutrientes para o milho irrigado no solo Aluvial vértico, além de sua economicidade na aplicação quando comparado aos demais tratamentos em estudo. Estes autores salientaram também, a importância do uso de esterco de galinha como condicionador das propriedades físicas do solo e para a elevação dos patamares de carbono.

O plantio direto interfere tanto nas propriedades físicas, como químicas e biológicas em função, do não revolvimento do solo, do teor de matéria orgânica na sua superfície e da rotação de cultura associada à adubação verde, que é de suma importância neste sistema de plantio. O não revolvimento do solo faz com que a sua superfície fique protegida com a cobertura morta, apresentando uma estrutura mais resistente à deformação do que a camada superficial em um sistema de preparo convencional, e após a chuva o solo permanece com um grau de umidade elevado por um período maior de tempo (VIEIRA, 1985), aumentando com isso, o período de tempo para plantio.

As alterações na temperatura e umidade interferem na atividade biológica responsável pela mineralização da matéria orgânica, influenciando os processos de solubilização e liberação dos nutrientes nela contidos. A principal função dos microorganismos do solo é a de decompor o material orgânico (húmus), liberando as substâncias químicas em forma assimilável para as plantas e outros produtos, tais como: vitaminas, enzimas, reguladores de crescimento, aminoácidos e hormônios que podem influenciar favorável ou desfavoravelmente no desenvolvimento das plantas e organismos do solo (ALMEIDA, 1985).

Segundo VIEIRA (1985), o plantio direto propicia o desenvolvimento abundante de minhocas em solos úmidos e com elevado teor de matéria orgânica. A presença de minhocas é extremamente importante na formação de canais na camada de 0,0-0,20 m, reduzindo a densidade do solo e aumentando a porosidade total, macroporosidade. Com a eliminação de suas fezes (coprólitos), auxilia na estabilidade de agregados da camada superficial. Segundo BOLOTA et al. (1998), dependendo das condições de clima, rotação de culturas, matéria orgânica e outros fatores, normalmente a partir do terceiro ano de cultivo com plantio direto,

há presença de minhocas, indicando que alterações benéficas e positivas já estão ocorrendo. As mesmas ingerem as partículas minerais, microorganismos e parte da matéria orgânica e no seu trato digestivo o material sofre as transformações, havendo a decomposição da matéria orgânica e disponibilização de nutrientes para as plantas. Com a liberação dos coprólitos esses produtos retornam ao solo. Portanto, as minhocas promovem movimentação mecânica do solo, redistribuição dos restos culturais no perfil e afetam a microfauna resultando numa melhoria da fertilidade.

Trabalhos realizados com sistemas de cultivos e características do solo afetando a estabilidade de agregados constatou-se que: as gramíneas perenes por meio do sistema radicular tiveram grande efeito na agregação e na estabilidade dos agregados do solo, e que os teores de carbono orgânico, de ferro e alumínio-oxalato, argila e grau de dispersão tiveram também efeitos na agregação do solo, porém, insuficientes para explicar as variações entre o diâmetro médio ponderado dos agregados sob os diferentes sistemas de cultivos (SILVA & MIELNICZUK, 1998).

2.3 – Efeitos dos sistemas de manejo do solo nas suas propriedades químicas

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

O não revolvimento do solo e o processo de reciclagem de nutrientes, absorvidos pelas raízes são translocados pela parte aérea e acumulando-se na superfície do solo após a decomposição dos resíduos vegetais, elevando os teores de nutrientes do solo (KURIHARA et al., 1998). A distribuição da matéria orgânica no solo é diferenciada quando comparada ao sistema de plantio direto e plantio convencional, uma vez que no plantio direto 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, a mesma não é aproveitada pelas plantas. Em regiões de clima quente e úmido, o aumento da matéria

orgânica é mais demorado e difícil devido ao processo de decomposição rápido que nas regiões onde as temperaturas são mais amenas. Daí a importância da escolha e manejo dos adubos verdes, plantas de cobertura, etc. que mais se adaptam ao sistema utilizado.

Em função da importância da matéria orgânica às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a sua influência nas mesmas e a sensibilidade às práticas de manejo é quem determinam que a matéria orgânica seja considerada um dos principais parâmetros a avaliação da qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1994).

De acordo com trabalho desenvolvido por KURIHARA et al. (1998) a adubação verde é uma excelente fonte de nitrogênio e de outros nutrientes e verificaram os autores que o nabo forrageiro fornece via reciclagem por tonelada de massa seca produzida, cerca de 23 kg.ha⁻¹ de N, 8 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 43 kg.ha⁻¹ de K₂O, 29 kg.ha⁻¹ de CaO e 6 kg.ha⁻¹ de MgO.

Trabalho realizado por BAYER & BERTOL (1999) em Cambissolo húmico, submetidos ao preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto durante nove anos no município de Lajes (SC), verificaram que o plantio direto e o preparo reduzido promoveram incrementos de 8,5 e 6,3 t.ha⁻¹ de C e 808 e 593 kg.ha⁻¹ de N na camada de 0-20 cm, respectivamente, quando comparado com o convencional, e a fração grosseira da matéria orgânica (>53 µm) foi mais sensível ao sistema de preparo do solo que a matéria orgânica total, sendo este atributo o mais adequado para avaliar o efeito de sistemas de manejo em curto prazo.

Segundo BERTOL et al. (2000b) o plantio direto além de alterar as propriedades físicas do solo provoca um gradiente de concentração de nutrientes na sua camada superficial (VIEIRA, 1985 e SCHICK et al., 1999).

Em áreas com plantio direto há mais de cinco anos, em geral, verifica-se um aumento significativo nos níveis de P nos 5 primeiros cm do perfil do solo. Há uma redistribuição do nutriente em formas orgânicas, mais estáveis e menos suscetíveis à fixação, aumenta a eficiência do aproveitamento dos adubos fosfatados aplicados. Com o aumento dos teores de nutrientes na camada superficial, permite uma racionalização das adubações nas culturas subsequentes a partir do quarto ano, em média. Por tanto, em áreas com plantio direto estabilizado, com adequada cobertura de palha e com disponibilidade média de P e K, sugere-se a redução em 10 % na aplicação desses nutrientes quando esses valores forem altos, recomendando-se a aplicação com base na exploração desses nutrientes pela extração dos mesmos, pelos grãos da cultura (KURIHARA, et al., 1998).

No plantio direto, ocorre maior acumulação superficial de P solúvel resultando em maior disponibilidade do nutriente, sobretudo nos 0,10 m da camada arável. A disponibilidade do P solúvel neste sistema de plantio possibilita reduzir mais de 50 % de gastos com fertilizantes, uma vez que, alcançando o limite crítico do P no solo, este poderá ser mantida com menor quantidade de fertilizante aplicado, segundo Phillips & Young (1973) citado por MUZILLI (1981). Na lixiviação do N em forma de nitrato, o mesmo não se move isoladamente levando uma certa quantidade de cátions, como o Ca, K e Mg. No entanto, no plantio direto tem-se verificado uma tendência de acúmulo desse nutriente nos primeiros 0,10 m da camada arável refletida pela baixa mobilização do nutriente por lixiviação, prevalecendo uma maior disponibilidade da Ca e Mg no sistema de plantio direto em decorrência da não mobilização do solo (MUZILLI, 1981). Cerca de 1/3 do fósforo orgânico encontrado na superfície do solo se apresenta na forma de combinações orgânicas, podendo ser mineralizado e assimilados pelas plantas. O mesmo corresponde à distribuição de matéria orgânica, havendo uma correlação com fósforo total e a matéria orgânica, que com a elevação do pH, através da calagem, havendo uma maior disponibilidade de fósforo no solo e com a redução do pH, o fósforo orgânico é acumulado (ALMEIDA, 1985).

Segundo KIEHL (1979), a presença do fósforo orgânico no perfil, corresponde à distribuição da matéria orgânica no mesmo, havendo uma correlação entre P e matéria orgânica. O pH é um dos principais fatores que regula a proporção entre o fósforo orgânico e o fósforo total. Solos com baixo pH acumulam mais fósforo orgânico. A calagem aumenta a disponibilidade de P no solo.

Estudos realizados em Latossolo Roxo distrófico por MUZILLI (1985b) comparando o sistema de plantio direto e convencional verificou que a acumulação do P foi sensivelmente mais alta em plantio direto nos 5 primeiros cm de profundidade e comparando com os teores iniciais, verificou-se melhoria na disponibilidade desse nutriente até os 0,15 m em ambos 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 por ocasião do preparo, explicam a menor disponibilidade do nutriente em plantio convencional e seu comportamento quanto à distribuição ao longo da camada arável. O maior aproveitamento de P pelas plantas sob sistema de plantio direto se explica pela presença de maiores teores de água nas camadas superficiais do solo, a favorecerem maior taxa de difusão do nutriente até às raízes. O mesmo autor verificou um acúmulo superior de potássio trocável na camada superficial no plantio

direto quando comparado com o convencional. O Ca e o Mg também mostraram tendência de acumulação superficial com diminuição gradativa da disponibilidade nas camadas mais profundas e a acidificação foi mais acentuada no plantio convencional, o contrário do que se esperava.

O potássio pode ser encontrado na matéria orgânica do solo, porém, na forma trocável, uma vez que esse elemento não se liga a compostos no interior da plantas (KIEHL, 1979). Estudando as propriedades químicas de uma Terra Roxa estruturada influenciada pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral ANDREOLA et al. (2000a) ao coletar amostras nas profundidades de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m 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. O uso do adubo orgânico proporcionou acúmulo de nutrientes no solo enquanto os adubos organomineral e mineral mostraram tendência à redução, principalmente dos níveis de potássio.

A capacidade de troca de cátions (CTC) é uma característica físico-química fundamental dos solos. Indica a quantidade de íons positivos que um solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiometricamente equivalente de outros íons do mesmo sinal. É um atributo muito útil em estudos de fertilidade e para a caracterização de unidades de solo, devido a CTC ser um bom indicador da atividade coloidal. Ela pode dar a idéia dos minerais que predominam na fração argila sem recorrer as determinações diretas da mineralogia (RAIJ, 1969). O mesmo autor verificou a relação que existe entre CTC específica da matéria orgânica e o pH do solo. Em 7 perfis estudados, a CTC aumentou em profundidade quando aumentou o pH do solo; em 5 perfis diminuiu o pH e em 2 casos a CTC diminuiu e o pH aumentou. Nos 8 perfis restantes não houve variação acentuada. Ao analisar conjuntamente verificou-se a existência da correlação linear altamente significativa entre CTC da matéria orgânica e o pH dos solos, permitindo concluir que a matéria orgânica apresenta maior CTC nos solos de pH mais alto. Pelas equações verifica-se que a fração orgânica teria a pH 7,0 uma CTC de duas vezes maior que teria a pH 4,0, na média. Segundo o mesmo autor a maior atividade da matéria orgânica avaliada por sua CTC, dos solos com pH mais alto, seja provavelmente, devido à existência de melhores condições de evolução da matéria orgânica em tais condições, sabendo-se que a atividade microbiana é máxima entre pH 6 e 7 e que esta atividade favorece a decomposição de restos vegetais e a conseqüente evolução da matéria orgânica do solo propriamente dita. Em média a matéria

orgânica contribui para a CTC de 74 % para as amostras superficiais e reduzindo a 58 %, 47 % e 35 % para os horizontes A₂ e A₃, B₁, B₂ e B₃, respectivamente.

Segundo SANTOS et al. (2001), a utilização de leguminosa com feijão guandú (*cajanus cajans*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum* L) e das gramíneas capim pangola (*Digitaria decumbens* L) e capim elefante (*Penninsetum purpureum* L), promoveram aumento nos teores de carbono orgânico total e na CTC; promoveu aumento nos teores de potássio, matéria orgânica, magnésio, principalmente na camada superficial e, um decréscimo em relação à profundidade nos teores de matéria orgânica, Ca, Mg e P mas, não houve efeito nos teores de P, Ca, Mg e H + Al com relação as posições de coleta. O maior acúmulo de liteira se deu com a utilização do capim elefante.

Para BAYER & BERTOL (1999) a CTC efetiva relacionou significativamente com o teor de C e com o pH do solo, demonstrando que a matéria orgânica é um atributo importante para a CTC do solo.

A alcalinidade de solos ocorre quando a pluviosidade é baixa e acumulam sais de cálcio, magnésio, potássio e carbonato de sódio, saturando o complexo coloidal. Onde a precipitação é elevada, os solos apresentam reações ácidas, devido à lixiviação contínua das bases trocáveis do complexo coloidal, ficando em substituição, íons hidrogênio e também pela remoção de bases pelas plantas. A reação do solo é um importante fator na produção agrícola, influenciando na disponibilidade de nutrientes às raízes das plantas, propiciando condições favoráveis ou de toxidez. Concorre igualmente para favorecer o desenvolvimento de microorganismos que operam transformações úteis para melhorar as condições do solo, como também pode concorrer para dar meio propício a microorganismos causadores de doenças às plantas. Solos com pH entre 5,8 a 7,5 tendem a ser livres de problemas do ponto de vista do crescimento de plantas. Abaixo de pH 5, haverá deficiência de elementos Ca, Mg, Mo, B ou toxidez de Al, Mn, Zn e outros metais pesados, devido as suas maiores solubilidades (KIEHL, 1979).

Os resultados obtidos por BAYER & BERTOL (1999) verificaram que o pH e o Al não foram afetados pelos sistemas de preparo. Houve uma pequena estratificação de Ca e grande estratificação de P e K em profundidade, no plantio direto quando comparado com o preparo reduzido e convencional.

2.4 – Efeito das plantas de cobertura e rotação de culturas nas propriedades do solo e na produtividade.

A adubação verde e a rotação de culturas têm sido utilizadas com o objetivo de aumentar o teor de matéria orgânica do solo, de fixar nitrogênio através do cultivo de leguminosas, auxiliar na descompactação do solo, no caso de algumas espécies com sistema radicular pivotante, manter o solo coberto evitando o impacto da gota de chuva e oscilações bruscas de temperatura, no controle de pragas e doenças e elevar os níveis de nutrientes disponíveis às plantas nas camadas superficiais através da reciclagem das camadas mais profundas.

A adubação verde e a rotação de culturas, trás efeitos benéficos às culturas subseqüentes e ao meio ambiente, onde além de elevar a produção, aumenta o nível de K, de matéria orgânica e também a taxa de infiltração de água do solo (HERNANI & SALTON, 1998a). A adubação se refere ao cultivo de espécies leguminosas e gramíneas, no local da área onde serão incorporadas, com a finalidade de enriquecer o solo com a massa vegetal. As espécies de leguminosas são mais comumente usadas por fixarem nitrogênio do ar no solo e seu sistema radicular ser mais ramificado e profundo, absorvendo os nutrientes das camadas mais profundas do solo, reciclando-os após a decomposição da massa verde produzida pela parte aérea.

A adubação verde promove um aumento de riqueza em N, favorecendo a vida das bactérias úteis ao solo (FUNDAÇÃO CARGIL, 1984). Fato que ocorre devido à matéria orgânica incorporada e ao mesmo tempo, possibilitando o armazenamento de N para ser aproveitado pelas plantas. Estudos em diferentes solos zonais demonstraram que a estabilidade da estrutura do solo, não é afetada pela parte aérea dos vegetais, mas pela atividade das raízes. O efeito benéfico da incorporação de uma grande massa de adubo verde a um solo na aeração, é devido ao aumento do volume do mesmo. Há um aumento da porosidade em favor da permeabilidade, pois há melhoria da estrutura (FUNDAÇÃO CARGIL, 1984).

De acordo com o experimento conduzido num Litólico eutrófico por CALEGARI et al. (1994), onde foram avaliados os sistemas de manejos (plantio direto, cultivo mínimo e convencional com e sem mucuna), combinados com doses diferentes de N, verificou-se após 3 anos, que com a incorporação de mucuna houve um incremento no rendimento do milho em

relação ao sem mucuna. Os maiores rendimentos se deram na presença de 120 kg.ha^{-1} de N; mas houve uma equivalência entre os sistemas de plantio direto sem mucuna e cultivo mínimo com a mucuna sulcada. Já nos anos secos, houve uma tendência de aumento no rendimento de milho em plantio direto devido ao maior armazenamento e aproveitamento de água em relação ao convencional sem mucuna, além de controlar a erosão. Também houve uma maior tendência de produtividade quando o solo foi revolvido na presença de mucuna.

Em experimento realizado por BALDISSERA & SCHERER (1993), verificou-se melhor produtividade de milho quando incorporada a resteva da mucuna em sistema convencional (incremento de 1.200 e 1.100 kg.ha^{-1} em dois tipos de solos); já no sistema de proteção de solo com leguminosas, cultivo mínimo e plantio direto, observou-se um melhor aproveitamento do N da palha da mucuna e uma maior resposta do milho ao adubo nitrogenado ($500\text{-}600 \text{ kg.ha}^{-1}$ de grãos) em relação aos tratamentos sem mucuna e sem adubo. A palha de mucuna na superfície reduziu as plantas daninhas em relação ao sistema sem ou com a resteva de mucuna incorporada (56 % e 33 %, respectivamente).

Verificando o efeito de diversos adubos verdes na produção de algodão em sistema de plantio direto em Selvíria-MS, BOLONHEZI et al. (1999) verificaram que houve um aumento na produtividade do algodão com o uso dos adubos verdes quando comparado com o sistema de plantio convencional. O tratamento com guandu e crotalária juncea apresentou um rendimento superior a testemunha de 38 % e 26 %, respectivamente. Com esse mesmo enfoque, trabalhos realizados durante 3 anos, verificaram que a média de produção do algodão em caroço com plantas de cobertura foram superiores ao plantio convencional, sendo que o tratamento com crotalária e guandu produziram 2.626 e 2.601 kg.ha^{-1} e a testemunha 1577 kg.ha^{-1} (BOLONHEZI et al., 2001).

FERNADES et al. (1999) avaliando a produção de algodão numa seqüência de rotação de culturas com soja/aveia preta/algodão, no município de Dourados-MS, por vários anos concluíram que o algodão é uma alternativa viável para sistema de rotação de culturas com soja, uma vez que obtiveram uma produtividade de 4.325 kg.ha^{-1} . HERNANI e SALTON (1998b) obtiveram uma produtividade de algodão em caroço para o sistema contínuo de 3 anos de 924 kg.ha^{-1} enquanto que no sistema de rotação soja/algodão, amendoim/algodão e mucuna-preta/ algodão obtiveram 1.228 , 1494 e 2083 kg.ha^{-1} , respectivamente.

Ao avaliar as modificações químicas de um Latossolo Roxo em sistemas de rotação de culturas com milho, leguminosas e gramíneas de inverno com plantio direto, ALVES et al.

(1993) verificaram que não houve efeito marcante em termos de modificações químicas no solo, ocorrendo, entretanto, diferença quando analisaram em diferentes profundidades. Houve também diferença na produção de grãos de soja entre os anos estudados e diferenças entre os tratamentos para o teor de nutrientes nas folhas da soja, porém, não houve para a produção de grãos.

Trabalho realizado com adubação verde na área de cultivo com algodão em Uberaba-MG foi verificado um rendimento superior com a crotalária seguido do guandu (125,5 % e 39,7 % respectivamente) (LACA-BUENDIA, 1978).

Em estudos realizados para a avaliação de sistemas de preparo do solo (plantio direto, aração e escarificação) e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola (SIQUEIRA et al., 1993), verificou-se que a produtividade de milho e feijão na utilização da mucuna e o revolvimento do solo através da aração apresentaram efeitos positivos independente do tipo de cobertura vegetal (aveia, mucuna e pousio dos restos vegetais). Já o preparo do solo convencional apresentou maior índice de porosidade e menor teor de água que no plantio direto e com uma tendência de maior resistência à penetração quando se utilizou a mucuna. No caso do plantio direto, a cultura de feijão foi viável somente com o uso da leguminosa. SILVA et al. (2002) avaliando diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura de feijão verificou que a produtividade com plantio direto ($2.520,70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e arado de disco ($2.497 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi superior a gradagem pesada ($2.218,20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e LOLLATO et al. (2002) verificando o efeito de coberturas do solo com capim braquiária e marmelada na cultura do feijoeiro concluíram que, a palha seca de capim braquiária e marmelada podem ser utilizados com êxito para o plantio direto de feijão e que as maiores quantidades de cobertura podem aumentar a produtividade de sementes.

DERPESCH (1993), realizou um trabalho com plantio direto em que os adubos verdes eliminam o sistema de roça e queima e quando utilizou-se a mucuna proporcionou um aumento no rendimento do algodão, milho e tabaco quando comparado com o sistema tradicional de cultivo e ainda promoveu uma melhor conservação do solo Podzólico Vermelho-Amarelo com 80 % de areia.

SILVEIRA & STONE (2001) estudando os teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo em 6 anos, verificaram que nos quatro sistemas de preparo (arado/gradagem, arado, gradagem e plantio direto) a distribuição de potássio trocável e do fósforo extraível no perfil do solo variou com a profundidade do solo mobilizada pelos diferentes sistemas de preparo, especialmente no caso do fósforo em

que a menor mobilização causou maior concentração na camada superficial. Verificou também que os sistemas de rotação de culturas que incluíram soja propiciaram maiores valores de pH e Ca + Mg trocáveis e menores teores de alumínio trocável.

O trabalho realizado por NEGRO (1999), com leguminosas na recuperação de solo e produtividade do milho na região de cerrado em Latossolo Vermelho-Escuro, mostrou que houve diferença significativa para os teores de N, Mg e S encontrados na matéria seca do milho e no cultivo de leguminosas solteiras. A crotalária e o guandú produziram maior quantidade de matéria seca. Verificou também, que o V%, CTC e SB, apresentou diferença significativa entre os tratamentos do guandú e milho mais crotalária, sendo que, o tratamento com guandú, apresentou melhores características químicas. A resistência à penetração foi maior no tratamento milho mais feijão-de-porco, não diferindo do tratamento milho mais labe-labe.

Avaliações em sistemas de rotação de culturas em plantio direto e convencional, realizadas por SANTOS et al. (1993), demonstraram um aumento na fertilidade do solo nas camadas de até 4 cm no plantio direto. Este resultado se deve ao acúmulo de material orgânico, fertilizantes e calcário aplicados e a ausência de revolvimento do solo, expresso por maior CTC efetiva e, CTC a pH 7,0, principalmente na ausência da adubação verde. Também houve uma maior produção de trigo no sistema de rotação de culturas (tremoço/milho/aveia/soja/trigo), que no sistema de plantio direto (soja e trigo).

DERPSCH (1993) menciona que a rotação de culturas e adubação verde interfere nas infestações de ervas daninhas, influencia na infiltração de água, na conservação do solo e oferece um melhor retorno na rentabilidade da produção quando a rotação é integrada no plantio direto e comparada com o convencional. Segundo o autor, a utilização de mucuna proporcionou um aumento no rendimento de algodão, milho e tabaco no sistema de plantio direto quando comparado ao convencional.

O ideal é obter produção de resíduos para a cobertura morta (culturas de cereais de inverno) em quantidades suficientes para proteger 50 % da superfície do solo, ou seja, de 4 a 6 t.ha⁻¹ (MUZILLI, 1985a). Não se recomenda nunca queimar a cobertura morta e se necessário deve-se, produzir essa cobertura mediante o uso de adubação verde DERPSCH (1984), bem como realizar um manejo adequado da palhada que fica na superfície do solo. De acordo com HECKLER et al. (1998), é recomendada a utilização de gramíneas na fase inicial do sistema de plantio direto em função da grande quantidade de massa seca com relação C:N elevada (geralmente superior a 40:1) e quanto maior esta relação, mais lenta é a taxa de decomposição

da palha, mantendo a cobertura morta por mais tempo, e também, as gramíneas segundo BAVER et al. (1972), são excelentes agregadoras do solo. Uma cobertura ideal, não deve também, ser hospedeira preferencial de organismos causadores de doenças ou pragas; que permita fácil atuação dos elementos de corte da semeadora e maior eficiência da semeadura e, apresentar um bom sistema radicular (vigoroso, abundante e fixador de nitrogênio), que permita o retorno de boa e equilibrada quantidade de nutrientes ao solo.

Para as propriedades físico-químicas, a importância da matéria orgânica está na reação do solo, nos conteúdos de bases trocáveis e na capacidade de troca catiônica, suprindo nutrientes às plantas. A matéria orgânica adsorve Ca, Mg, K e outros elementos, e é a principal fonte de nitrogênio às plantas, evita a lavagem dos nutrientes em solos pobres de argila e eleva a CTC do solo, uma vez que, a CTC da matéria orgânica é de 2 a 20 vezes maior que a argila (KIEHL, 1979). Segundo ALMEIDA (1985) as disponibilidades de matéria orgânica afetam a vida microbiana do solo, é dela que a maioria dos microorganismos obtém a energia e os elementos minerais e orgânicos para a realização dos seus processos vitais. A quantidade de matéria orgânica que permanece no solo de plantio direto é a mesma do convencional, porém a diferença está em que no primeiro, a matéria orgânica fica a superfície e no segundo são enterradas.

O processo de incorporação favorece-se o arejamento que concomitantemente com a introdução dos resíduos vegetais acelera a atividade microbiana e a rápida decomposição. No plantio direto a matéria orgânica fica à superfície compactada o que reduz o contato com os microorganismos, por isso a taxa de decomposição é menor e a atividade microbiana é maior onde não há revolvimento do solo (os microorganismos não ficam expostos às amplitudes de variação térmica), portanto a atividade dos microorganismos é maior. A matéria orgânica além de fornecer nutrientes e de favorecer a atividade microbiana, evita o impacto da gota de chuva, a desagregação do solo, atua como isolante térmico, sem grandes variações de temperaturas diurnas. Segundo KIEHL (1979), a matéria orgânica, apesar de encontrar em tão reduzida quantidade no solo, exerce influencia em quase todas as propriedades do solo, atuando de maneira marcante no crescimento dos vegetais. A sua presença caracteriza os solos de boa fertilidade, aos quais proporciona uma estrutura favorável à vida das plantas. A matéria orgânica é a principal fonte de nitrogênio para as plantas, sendo ainda fornecedora dos elementos de fósforo e enxofre e de vários outros micronutrientes. Também é responsável pelo aumento da capacidade do solo em armazenar água.

A matéria orgânica é de vital importância no aspecto químico pelo fornecimento e reciclagem dos nutrientes, bem como nos aspectos físicos (compactação, infiltração estrutural, etc) que, segundo MONDARDO (1984), favorece o crescimento vegetal, pois a absorção de nutrientes tem estreita relação com regime hídrico e a propriedade física que afeta a absorção de água e nutrientes pela planta é a aeração. Assim, a eficiência do sistema radicular na absorção de nutrientes em condições de aeração deficientes poderá diminuir.

Portanto, segundo MUZILLI (1985b), o plantio direto é a alternativa desejável para a preservação da fertilidade do solo e a melhoria da produtividade das terras em regiões tropicais e sub-tropicais. Para VASCONCELLOS et al. (1987), a adubação verde acarreta um aumento na produtividade agrícola promovendo melhorias nas condições físicas e químicas do solo, mas às vezes contraditórias e, que a rotação de culturas promove benefícios análogos ao da adubação verde.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Localização e características gerais da área experimental.

O trabalho foi realizado na Fazenda de Ensino e Pesquisa, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, em 2001. As coordenadas geográficas do local em estudo são: 51°22' de longitude oeste de Greenwich e 20°22' de latitude sul com altitude de 336 m. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura média anual é de 23,5°C, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro (25,7°C) e mais frios, junho e julho (20,5°C). A umidade relativa do ar média é de 70-80 % nos meses mais chuvosos. De acordo com Köppen, o tipo climático é Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho-Escuro epi-eutrófico álico, textura argilosa (DEMATTÊ, 1980) e de acordo com a nova nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação (EMBRAPA, 1999), o solo é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado (LVd) de acordo com a adequação de SOUZA (2001). No Quadro 1 encontram-se as propriedades químicas do solo da área experimental antes da implantação da pesquisa. Na área experimental utilizada, não foi realizada a calagem.

A vegetação original da área era do tipo cerrado, sendo que foi desmatada em 1977, e cultivada no sistema convencional (grade pesada e leve), com milho e feijão até 1990, quando após, passou a ser cultivada no sistema de plantio direto com milho até 1998 e em forma de sucessão de culturas com feijão até 2000. A mesma está localizada sob pivot central.

3.2 – Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado para o ensaio foi em blocos casualizados, com parcelas subdivididas. As parcelas foram constituídas por 2 tratamentos, referentes aos sistemas de preparo do solo: plantio direto e preparo convencional. Nas subparcelas foram instalados 6 tratamentos: esterco de galinha; esterco de galinha com metade da adubação

Quadro 1. Propriedades químicas do solo da área estudada no início da instalação do experimento em 05.03.2001.

Prof m	pH CaCl ₂	MO g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	mmolc.dm ⁻³							V %
				K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	
0,00-0,10	5,0	32,0	31,2	5,6	14	9	37	2	28,60	65,30	44
0,10-0,20	4,8	26,0	10,4	3,3	10	7	36	3	19,60	55,70	35

mineral recomendada (organomineral); adubação mineral recomendada; crotalária (*Crotalaria juncea*); milho (*Pennisetum americanum*) e a testemunha, portanto, constituindo-se 12 tratamentos e 4 repetições. A adubação orgânica (esterco de galinha), foi na dose de 14,0 t.ha⁻¹ e a adubação mineral foi de acordo com os resultados da análise química do solo RAIJ et al. (1997). As características do esterco de galinha utilizado estão apresentadas no Quadro 2.

Cada subparcela continha dimensões de 7,0 m de largura por 6,0 m de comprimento (Figura 1) e estavam espaçadas uma das outras por uma distância de 7,0 m, sendo a área útil constituída pela parte central, desprezando-se 0,5 m em ambas as extremidades no sentido do comprimento das linhas e uma linha em cada lateral.

A seqüência dos trabalhos desenvolvidos na área experimental foi a seguinte: inicialmente coletou-se solo para análise física e química (05.03.2001), em seguida foi realizado o plantio da 1ª safra da cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L) irrigado (18.06.2001), plantio das plantas de cobertura (08.10.2001) (Figura 6), plantio da cultura de algodão (18.12.2001), coleta de solo para análise física e química (03.05.2002) e plantio da 2ª safra de feijão (13.05.2002).

No plantio convencional, o preparo da área foi realizado através de duas gradagens, sendo uma aradora e outra niveladora a uma profundidade de 0,00-0,15 m (Figura 2). No plantio direto foi aplicado herbicida (glifosate 480 g.l⁻¹), para a dessecação das plantas invasoras antes da implantação das culturas e para as plantas de cobertura, na dose de 2,0 l.ha⁻¹ do produto comercial (Figura 3, 10 e 11).

A primeira sementeira do feijão foi realizada num espaçamento de 0,45 m entre linhas e, a densidade de sementes usadas foi para obter um stand final médio de 12 plantas.m⁻¹ (50 kg.ha⁻¹ de sementes tratadas com fungicidas – vitavax + thiran na dose de 100 g i.a.60 kg⁻¹ de sementes). A variedade usada foi a carioca 80, cujos tratos culturais, como: capinas, irrigação, controle de pragas e doenças foram realizados de acordo com as necessidades da cultura

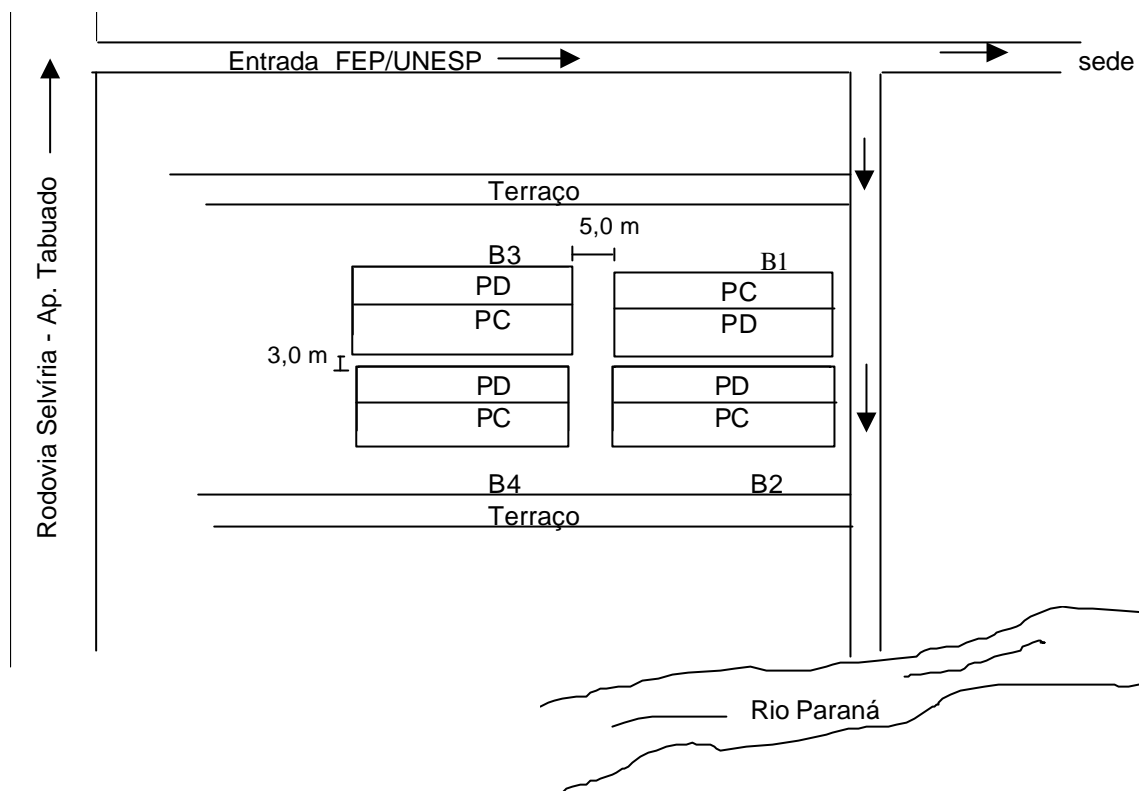
(Figura 12.). A recomendação de adubação de plantio para a cultura do feijão foi de 200 kg.ha⁻¹ da fórmula 08-28-16.

Foi realizada a adubação de cobertura na cultura do feijão na dose de 90 kg.ha⁻¹ de N, tendo como fonte a uréia. Com 87 dias após a semeadura (13.09.2001) foi realizada a colheita do feijão e, em seguida foi debulhado à mão para a obtenção da produtividade.

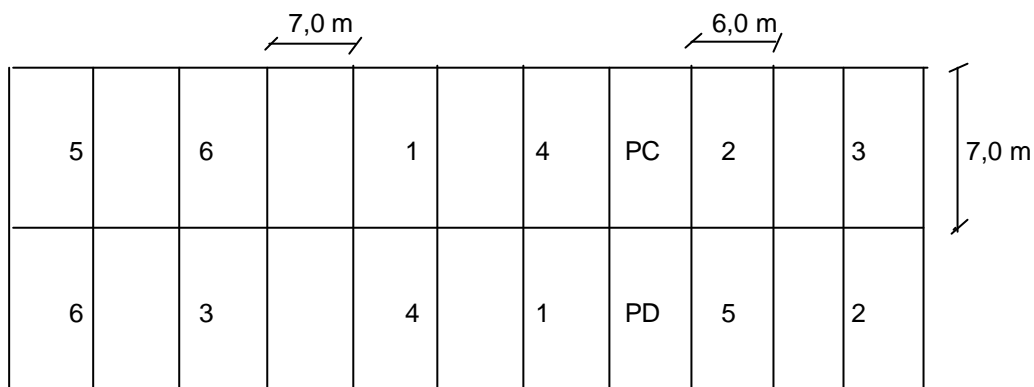
Quadro 2. Resultado da análise do esterco de galinha aplicado no solo como parte dos tratamentos do trabalho realizado em 2001 e 2002, em Selvíria-MS.

Determinações	Umidade natural	Base seca
pH CaCl ₂ 0,01 M	8,8	-
Densidade	0,54 g/cm ³	-
Umidade perdida a 60° -65°C	24,77 %	-
Umidade perdida entre 65 – 110° C	2,96 %	
Umidade total	27,73 %	0,0 %-
Inertes	0,0	-
Matéria orgânica total (combustão)	35,01 %	48,44 %
Matéria orgânica compostável	34,18 %	47,29 %
Matéria orgânica resistente a comp.	0,83 %	1,15 %
Carbono orgânico total	19,45 %	26,91 %
Carbono orgânico	18,99 %	26,28 %
Resíduo mineral total	37,26 %	51,56 %
Resíduo mineral insolúvel	17,43 %	24,12 %
Resíduo mineral solúvel	19,83 %	27,44 %
Nitrogênio total	2,09 %	2,89 %
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,69 %	0,95 %
Potássio (K ₂ O) total	2,90 %	4,01 %
Cálcio (Ca) total	3,95 %	5,47 %
Magnésio (Mg) total	0,48 %	0,66 %
Enxofre (S) total	0,33 %	0,46 %
Relação C/N (C total e N total)	9/1	9/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	9/1	9/1
Cobre (Cu) total	195 mg/kg	270 mg/kg
Manganês (Mn) total	238 mg/kg	329 mg/kg
Zinco (Zn) total	207 mg/kg	286 mg/kg
Ferro (Fe) total	5213 mg/kg	7213 mg/kg
Boro (B)	5 mg/kg	7 mg/kg
Sódio (Na) total	2869 mg/kg	3970 mg/kg

Análise realizada no Laboratório de Solos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”– USP.



Bloco experimental



- Legenda: PC: plantio convencional
 PD: plantio direto
 1: tratamento com esterco de galinha
 2: trat. com esterco de galinha + 1/2 da adubação mineral
 3: trat. com crotalária
 4: trat. com milho
 5: trata om adubação mineral
 6: trat. testemunha
 B1, B2, B3, B4: blocos

Figura 1. Croqui da área experimental com detalhe de um bloco



Figura 2. Preparo convencional antes da implantação do experimento realizado em 10.06.2001.



Figura 3. Vista geral da área preparada – Plantio convencional e plantio direto.



Figura 4. Semeadura do algodão no sistema convencional e direto realizado em 18.12.2002

Após o feijão as plantas de cobertura, crotalária e milho, foram semeadas em 08.10.01 num espaçamento de 0,35 m entre linhas, utilizando-se 20 kg.ha^{-1} de sementes de milho e $7,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de sementes de crotalária. O esterco de galinha foi aplicado no dia seguinte ($14,0 \text{ t.ha}^{-1}$), para constituir o tratamento com adubo orgânico.

Aos 51 dias após a semeadura das plantas de cobertura (28.11.01), foi realizada a amostragem e o seu manejo, posteriormente houve a semeadura do algodão (*Gossypium hirsutum*). As plantas de cobertura (Quadro 3) e o adubo orgânico foram incorporados ao solo, no tratamento com preparo convencional e, no plantio direto, aplicou-se dessecante nas plantas de cobertura e o esterco foi aplicado a lanço e deixado na superfície, antes da semeadura do algodão (Figuras 7, 8 e 9).

Quadro 3. Produtividade média de matéria seca das plantas de cobertura estudadas.

Preparo	Plantas de cobertura	
	Crotalária	Milho
kg.ha ⁻¹	
Direto	2.630	1.488
Convencional	1.750	2.750

A cultura do algodão foi implantada em 18.12.01 utilizando a variedade IAC-23 (Figura 4. e 15). Foi realizada a sementeira num espaçamento de 0,90 m entre linhas com 15 sementes.m⁻¹, e em seguida foi realizado o desbaste com 35 dias após a sementeira para um stand de 7 plantas.m linear⁻¹ (Figura 16). A adubação foi de 280 kg.ha⁻¹ da fórmula 08-28-16, no sulco de plantio e a de cobertura foi de 200 kg.ha⁻¹ da fórmula 20-00-20, sendo estas realizadas apenas nas parcelas dos tratamentos com adubação química recomendada. Todos os tratos culturais na cultura de algodão, como: o desbaste, capinas, irrigação e controle de pragas foram de acordo com as necessidades da cultura. A segunda safra de feijão (*Phaseolus vulgaris* L), foi semeada em 13.05.2002 com espaçamento entre linhas de 0,50 m. Utilizou-se uma quantidade de sementes para a obtenção de um stand de 12 plantas.m⁻¹ linear (50 kg.ha⁻¹ de sementes tratadas), da variedade carioca 80. A adubação de plantio foi de 200 kg.ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 e a de cobertura da cultura do feijão foi de 90 kg.ha⁻¹ de N (fonte uréia).

3.3 - Determinações

3.3.1 – Propriedades físicas do solo

Foram realizadas as determinações de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, nas profundidades de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m, antes da implantação do experimento (05.03.2001) e após o ciclo produtivo da cultura, de algodão (03.05.2002). As análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Física do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da FEIS-UNESP.

As análises de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, foram de acordo com o método da mesa de tensão e do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), respectivamente (Figura 5.).

3.3.2 – Propriedades químicas do solo

Foram analisados nas profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m o pH do solo, cátions trocáveis, matéria orgânica, H e Al+ H. As amostragens simples foram realizadas antes da implantação do experimento (05.03.2001) e após a cultura do algodão (03.05.2002). A extração 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 1N a pH 7,0 para a sua extração. O pH foi avaliado em solução de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,01M e o teor de matéria orgânica através da combustão úmida com dicromato de potássio. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da FEIS-UNESP.



Figura 5. Amostragem de solo com o anel volumétrico

3.3.3 – Plantas de cobertura

Foram realizadas as análises da produtividade de massa seca do adubo verde e da cultura do feijão.

A massa seca do feijoeiro foi avaliada por ocasião do florescimento pleno da cultura, 57 dias após a semeadura, sendo na primeira safra em 10.08.01 e 09.07.2002, coletando-se ao acaso, 10 plantas da área útil de cada suparcela. As mesmas foram levadas ao laboratório acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60 a 70°C, até a massa ficar constante.

As plantas de cobertura foram amostradas em uma área de 1,05 m² por parcela (3 linhas espaçadas de 0,35 m de 1,00 m de comprimento), 51 dias após o plantio (28.11.2001) com a finalidade de avaliar a massa seca (Figura 9 e 10). As mesmas foram levadas ao laboratório acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60 a 70°C, até atingir massa em equilíbrio. Depois de obtidos esses dados foram calculados as médias por tratamento e expressas em kg.ha⁻¹.

3.3.4 – Produtividade das culturas de feijão e algodão

A produção de grãos de feijão e pluma do algodão foram realizadas em uma área de 4,0 m² em dois pontos por subparcelas (Figuras 14 e 17.). A umidade de grãos foi calculada baseada pela amostra úmida (BRASIL, 1992), sendo os dados obtidos expressos em kg.ha⁻¹ a 13 % de umidade. As plumas foram colhidas manualmente em duas etapas (18.04 e 02.05.2002) e pesadas, sendo os dados obtidos expressos em kg.ha⁻¹.

3.3.5 – Análise estatística

Os dados foram analisados através da análise de variância e teste de Tukey, para comparações de médias ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa computacional SANEST (ZONTA et al. 1984).



Figura 6. Plantas de cobertura após a germinação (30.10.2001)



Figura 7. Distribuição do esterco orgânico antes da implantação do algodão (08.10.2001)



Figura 8. Vista geral da crotalária antes do seu manejo (28.11.2001)



Figura 9. Vista geral do milho antes do seu manejo (28.11.2001).



Figura 10. Vista geral do milheto antes do plantio do algodão (12.12.2001).



Figura 11. Vista geral da crotalária antes do plantio do algodão (12.12.2001).



Figura 12. Vista geral das parcelas com feijão no sistema de plantio direto (esquerda) e convencional (direita)



Figura 13. Cultura do feijão no sistema de plantio direto aos 34 dias após a semeadura (2ª safra).



Figura 14. Feijão na época de colheita no sistema de plantio direto (09.07.2002).



Figura 15. Algodão após a germinação no sistema de plantio direto (direita) e convencional (esquerda).



Figura 16. Algodão na fase de desenvolvimento vegetativo aos 39 dias após a sementeira



Figura 17. Algodão na época de colheita (18.04.2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Propriedades físicas do solo

4.1.1 – Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo

Observando-se os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias destes para macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo (Quadro 4), verificou-se que para tais propriedades não houve diferenças significativas, diferindo de outros trabalhos realizados (ALVES, 2001; ALMEIDA, 2001). Segundo RIBON (2000), os sistemas de manejo utilizados podem causar alterações nas características físicas do solo, tais como: redução da densidade do solo e aumento da sua macroporosidade. Porém, no presente estudo, realizado no período de 12 meses, foi pouco tempo para causar alterações significativas nas propriedades físicas do solo, corroborando com trabalhos de CASSOL & ANGHINONI (1995) onde não houve diferença significativa na densidade do solo após 4 anos de cultivos sob plantio direto e convencional, e de BERTOL et al. (2000a) onde o manejo também não influenciou nas propriedades físicas. Apesar de CORÁ et al. (1995) afirmarem que, as plantas de cobertura podem melhorar as propriedades físicas e químicas do solo a médio prazo, além de diminuir o processo erosivo. ARF et al. (1999) também verificaram que os adubos verdes não interferiram nas características físicas de macro, microporosidade do solo, porosidade total e densidade do solo.

Trabalhos de Alves (2001) e Almeida (2001) mostraram diferenças significativas na densidade do solo quando utilizados diversos adubos verdes, após oito e três anos de pesquisa, respectivamente, mostrando que, há necessidade de médio e longo prazo para que haja determinadas diferenças significativas nas propriedades físicas do solo em estudo.

Apesar dos tratamentos utilizados neste trabalho não terem interferido significativamente na macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, no Quadro 5 pode-se observar os valores médios nas propriedades estudadas em função dos preparos de solo, comparando-se a condição inicial em relação a um ano depois de

implantada a pesquisa. Verifica-se que a macroporosidade apresentou uma tendência de aumento passando de 0,09 para 0,13 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ no preparo convencional após a utilização dos adubos (orgânico, mineral e plantas de cobertura) e a densidade do solo tendenciou a uma redução de 1,46 para 1,34 $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$. Para o plantio direto a macroporosidade variou de 0,09 para 0,10 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ e a densidade do solo de 1,47 para 1,42 $\text{kg}.\text{dm}^{-3}$.

QUADRO 4. Quadrados médios e coeficiente de variação para macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo em função dos tratamentos e profundidades.

Causas Da variação	GL	Quadrado médio								
		Macroporosidade		Microporosidade		Porosidade total		Densidade do solo		
		Profundidade – m								
		0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	0,00-0,10	0,10-0,20	
Preparo	1	103,40 ^{ns}	209,58 ^{ns}	0,34 ^{ns}	27,89 ^{ns}	79,45 ^{ns}	84,59 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}	
Resíduo A	3	50,60	46,76	12,95	24,94	35,31	18,48	0,04	0,01	
Adubos	5	28,85 ^{ns}	8,92 ^{ns}	16,01 ^{ns}	3,99 ^{ns}	17,03 ^{ns}	3,93 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	
Preparo.x ad.	5	14,88 ^{ns}	11,40 ^{ns}	15,51 ^{ns}	10,46 ^{ns}	10,21 ^{ns}	12,96 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	
Resíduo B	30	23,38	23,47	12,48	15,02	13,52	14,49	0,01	0,01	
C V- %	A	-	22,31	29,00	3,99	5,55	4,88	3,78	5,97	3,33
	B	-	37,16	50,34	9,61	10,55	7,40	8,21	8,29	7,93

ns: não significativo no teste F.

Verifica-se que o valor médio da macroporosidade do solo (Quadro 5) apresenta-se adequado para o desenvolvimento do sistema radicular, pois BAVER et al. (1972) mencionam que o valor mínimo de macroporosidade para não prejudicar o sistema radicular e a aeração do solo é de 0,10 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ e, KIEHL (1979) menciona que um solo ideal deve apresentar 1/3 de macroporosidade dos 50 % ocupados pelos espaços vazios, ou seja, 0,17 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$. Dessa forma, verifica-se que inicialmente o solo apresentava uma macroporosidade inferior ao ideal, 0,09 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ em ambos os preparos, havendo uma mudança da macroporosidade em função dos tratamentos para 0,13 e 0,10 $\text{m}^3.\text{m}^{-3}$ no sistema de plantio convencional e direto, respectivamente. No sistema convencional este fato ocorreu, devido ao efeito do revolvimento do solo, que segundo MARCIANO (1999) e ALMEIDA (2001), provoca um aumento na

porosidade total e redução da densidade do solo devido ao incremento do volume de macroporos.

Quadro 5. Caracterização da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, na profundidade de 0,0-0,20 m em função dos tratamentos estudados, antes e depois de implantado o experimento.

Tratamentos		Macro	Micro	P. total	Dens. solo
	m ³ .m ⁻³			kg.dm ⁻³
Convencional	Antes	0,09	0,35	0,44	1,46
	Depois	0,13	0,36	0,49	1,34
Direto	Antes	0,09	0,35	0,44	1,47
	Depois	0,10	0,37	0,47	1,42

A porosidade total (Quadro 5) aumentou nos dois sistemas de preparo devido ao aumento da macroporosidade e também da microporosidade. Segundo ALVES (2001), a porosidade total aumenta em função do aumento da macroporosidade.

As alterações na densidade do solo no preparo convencional (1,46 e 1,34 kg.dm⁻³), pode ter ocorrido em função do efeito da gradagem, pois, segundo KIEHL (1979), a aração seguida da gradagem com teor ótimo de umidade, contribui para a formação de agregados e conseqüentemente diminui a densidade do solo. O outro fator que pode ter contribuído para a alteração da densidade do solo nos dois sistemas é a presença de matéria orgânica na camada superficial do solo, pois ANDREOLA et al. (2000a) e KIEHL (1979), afirmam que a matéria orgânica nas suas diferentes formas pode provocar um aumento da macroporosidade reduzindo a densidade do solo. Os valores médios da densidade do solo estão acima dos considerados naturais para os solos argilosos, que é de 1,00-1,25 kg.dm⁻³ (KIEHL, 1979), mostrando que o solo apresenta-se compactado.

4.1.2 – Correlação entre as propriedades físicas do solo

No Quadro 6 observa-se que há uma correlação entre macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, ou seja, o aumento da macroporosidade leva a uma redução da microporosidade e densidade do solo e um aumento da porosidade total. Resultados concordantes com os obtidos por MARCIANO (1999), RIBON (2000), ALMEIDA (2001) e ALVES (2001). De acordo com o último autor, a microporosidade e a porosidade total se alteram à medida que a macroporosidade se modifica; KLEIN & LIBARDI (2000) afirmaram que a porosidade de aeração e a resistência à penetração são propriedades que mais variam com a densidade, sendo esta alterada, pelo teor de matéria orgânica (ANDREOLA et al., 2000a e MARCIANO, 1999) e manejo do solo (KIEHL, 1979), corroborando com os resultados obtidos.

Quadro 6 Coeficientes de correlação e significância entre macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo.

Variáveis		Macro	Micro	P. total	Dens. solo
Macro	0,00 – 0,10 m	-	-0,57 **	0,78 **	-0,80 **
	0,10 - 0,20 m	-	-0,64 **	0,70 **	-0,64 **
	Média	-	-0,57 **	0,77 **	-0,76 **
Micro	0,00 – 0,10 m	-	-	0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}
	0,10 - 0,20 m	-	-	0,10 ^{ns}	0,49 ^{ns}
	Média	-	-	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}
P. total	0,00 – 0,10 m	-	-	-	-0,80 **
	0,10 - 0,20 m	-	-	-	-0,74 **
	Média	-	-	-	-0,81 **

** e ^{ns}, são respectivamente: significativos a 1% e não significativo.

4.2 – Propriedades químicas do solo

Nos Quadros 7 e 8 estão apresentados os valores de F com as respectivas significâncias e os coeficientes de variação para os valores de fósforo (P), matéria orgânica (M.O.), pH CaCl₂, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H + Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V %), em

função dos tratamentos (adubo orgânico, mineral, plantas de cobertura e preparo) e profundidade de coleta, após a cultura do algodão. Verifica-se que os sistemas de preparo do solo, não influenciaram significativamente nas propriedades químicas avaliadas, assim como a interação preparo x adubos para as duas profundidades estudadas. Já os adubos utilizados (adubo orgânico, adubo mineral e plantas de cobertura) influenciaram significativamente nos níveis de P, pH, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC e V, para a profundidade de 0,0-0,10 m, mas não influenciaram nos níveis de M.O., K e Al. Na profundidade de 0,10 m a 0,20 m apenas houve diferença significativa para P e K.

QUADRO 7. Valores de F e coeficientes de variação (CV%) referentes aos teores de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), M.O. ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), pH CaCl_2 , K, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) e V (%) do solo após em função dos preparos, adubos e plantas de cobertura avaliados em 03.05.02 na profundidade de 0,00-0,10 m, no município de Selvíria-MS.

Causas da variação	GL	Valores de F										
		P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	V
Preparo	1	0,05 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,38 ^{ns}	4,21 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,07 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Adubos	5	14,41 ^{**}	0,76 ^{ns}	5,59 ^{**}	2,45 ^{ns}	1,34 ^{**}	2,65 [*]	3,04 [*]	1,84 ^{ns}	7,31 ^{**}	4,44 ^{**}	6,02 ^{**}
Prep x adub	5	0,78 ^{ns}	2,43 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,94 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Média geral*	-	45,29	24,25	5,30	5,58	41,89	16,77	30,56	0,58	62,47	94,83	64,31
CV (%) A	-	31,11	29,00	8,33	25,92	17,85	37,33	19,95	40,19	11,82	37,03	21,30
CV (%) B	-	12,34	22,93	6,96	26,49	11,08	29,95	22,95	41,23	8,19	30,15	16,90

*Médias originais

QUADRO 8. Valores de F e coeficientes de variação (CV%) referentes aos teores de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), M.O. ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), pH CaCl_2 , K, Ca, Mg, H + Al, SB, CTC ($\text{mmol}\cdot\text{dm}^{-3}$) e V (%) do solo em função dos preparos, adubos e o, plantas de cobertura, avaliados em 03.05.02 na profundidade de 0,10-0,20 m, no município de Selvíria-MS.

Causas da variação	GL	Valores de F										
		P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	V
Preparo	1	1,90 ^{ns}	0,31 ^{ns}	4,55 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,70 ^{ns}	1,24 ^{ns}	3,28 ^{ns}	4,47 ^{ns}	2,54 ^{ns}	4,31 ^{ns}	1,95 ^{ns}
Adubos	5	7,38**	2,13 ^{ns}	2,08 ^{ns}	6,21**	2,52 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,46 ^{ns}	2,25 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Prep x adub.	5	1,65 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,73 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,43 ^{ns}
Média geral*	-	51,56	21,10	5,05	4,89	30,84	13,6	34,54	1,41	49,34	83,88	56,67
CV (%) A	-	23,73	38,88	6,16	10,39	11,75	35,14	18,45	33,01	7,69	14,83	16,77
CV (%) B	-	15,73	20,05	8,29	33,33	13,67	35,44	22,78	50,69	10,32	26,68	24,42

*Médias originais

4.2.1 – Fósforo

No Quadro 9 estão apresentados os valores médios do fósforo (P) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas. Verifica-se que os teores de P variaram significativamente na profundidade de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m em função dos adubos. Dentre os adubos utilizados o esterco de galinha, esterco de galinha + ½ da adubação mineral foram os que disponibilizaram maior quantidade de P (107,50 e 100,0 mg.dm⁻³, respectivamente), na camada superficial, em relação aos outros adubos. Os demais tratamentos não diferiram entre si. Na profundidade de 0,10-0,20 m a maior disponibilidade de P, foram para o esterco de galinha + ½ da adubação mineral com 67,87 mg.dm⁻³, o esterco de galinha (60,50 mg.dm⁻³) e milho (30,12 mg.dm⁻³). Os dois maiores valores de P pode ser atribuído pela riqueza do nutriente na composição do esterco de galinha utilizado, confirmando estes resultados com os obtidos por GIANELLO e ERNANI (1983), quando aplicou adubos orgânicos visando um melhor rendimento de milho observou um aumento do P extraível além de outros benefícios. O menor valor disponível foi para a testemunha que não diferiu da crotalaria, adubação mineral, e milho (15,37, 20,12, 25,00, 30,12 mg.dm⁻³, respectivamente).

O Quadro 10 mostra os teores médios dos elementos químicos avaliados no início da implantação do experimento. Apesar das diferenças não terem sido significativas estatisticamente para os sistemas de preparo, os valores encontrados mostram a evolução nos teores de P, nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m quando comparada com a amostragem inicial, tanto no sistema de plantio direto quanto no convencional. Nos dois sistemas de preparo, na camada superficial os valores de P foram 248 % e 272 % maior que a média da amostra inicial, para o sistema de plantio direto e convencional, respectivamente o que pode ser atribuído ao uso dos adubos. Resultados concordantes com os obtidos por MUZILLI (1985b), ALVES (1992), SOUZA (2000), GUIMARÃES (2000), MARKERT (2001), SILVEIRA & STONE (2001) e KURIAHARA et al. (1998).

De acordo com RAIJ et al (1997) os teores de P da amostra inicial são considerados médios (13-30 mg.dm⁻³) e após a realização dos tratamentos esses teores passaram a ser de alto a muito alto (41-80 e >80 mg.dm⁻³), no caso para culturas anuais.

Quadro 9. Valores médios de P (mg.dm^{-3}) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,10		0,10 – 0,20	
	Médias Transf.	Médias originais	Médias Transf.	Médias originais
Esterco de galinha	4,52 a	107,50	3,79 ab	60,50
Est. gal. + ½ ad. mineral	4,50 a	100,00	4,06 a	67,87
Adubo mineral	3,52 b	33,62	3,18 bc	25,00
Testemunha	3,31 b	29,25	2,68 c	15,37
Crotalária	3,36 b	28,37	3,02 bc	20,12
Milheto	3,14 b	25,75	3,34 abc	30,12
D.M.S. 5%	0,699	-	0,799	-

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias transformadas por: $\log(x + 2)$

Dos tratamentos com adubações utilizados (Quadro 10) os teores de P disponibilizados obtiveram a seguinte seqüência: esterco de galinha + ½ da adubação mineral, esterco de galinha, adubação mineral, milho, crotalária, e testemunha (171, 158, 29, 28, 24 e 22 mg.dm^{-3} , respectivamente), observando que o maior teor de P ocorreu onde se obteve os maiores teores de M.O., Ca, Mg, pH, SB, CTC e V e os menores teores de H + Al e Al, confirmando que o P está relacionado com o pH do solo e que os resíduos orgânicos podem aumentar o pH e a CTC do solo (RAIJ, 1969) e também que os adubos orgânicos de origem animal (esterco) reduz o Al trocável por complexar o Al através dos agentes quelantes presentes nesses materiais orgânicos (HOYT & TURNER; HOYT, citados por ANDREOLA et al., 2000b).

Quadro 10. Valores médios de P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), M.O. ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$), pH CaCl_2 , K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB, CTC ($\text{mmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$) e V(%) de um LATOSSOLO VERMELHO no início da implantação do experimento e após a implantação dos tratamentos, avaliados em 03.05.2002, no município de Selvíria-MS.

Descriminação		P	M.O	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	V
Amostra inicial	0,00-0,10 m	31,2	32,00	5,0	5,6	14,0	9,0	37,0	2,0	28,60	65,30	44,0
	0,10-0,20 m	10,4	26,00	4,8	3,3	10,0	7,0	36,0	3,0	19,60	55,70	35,0
	média	20,8	29,00	4,9	4,4	12,0	8,0	36,5	2,5	24,10	60,50	39,5
Plantio Direto	0,00-0,10 m	51,54	25,04	5,3	5,4	47,0	18,6	31,0	0,8	71,0	102,00	63,00
	0,10-0,20 m	27,62	21,42	4,9	5,0	26,0	12,8	36,0	2,0	43,94	80,00	55,00
	média	39,58	23,23	5,1	5,2	36,5	15,7	33,5	1,4	57,47	90,00	59,00
Plantio convencional	0,00-0,10 m	56,62	23,50	5,3	5,8	37,0	14,9	30,0	0,3	57,43	57,00	87,00
	0,10-0,20 m	45,37	22,80	5,1	4,8	36,0	14,4	33,0	0,8	54,74	88,00	59,00
	média	50,99	23,15	5,2	5,3	36,5	14,6	31,5	0,5	56,08	87,00	62,00
Esterco de galinha		158	23,00	5,6	5,5	60,0	18,0	28,0	0,2	85,00	112,50	69,00
Est.+ ½ ad. Mineral		171	23,00	5,4	7,3	54,0	17,0	30,0	0,3	78,60	108,60	69,00
Crotalária		24	19,00	4,9	4,4	23,0	12,0	37,0	2,0	39,70	76,40	52,00
Milheto		28	24,00	5,0	4,8	25,0	14,0	36,0	1,7	44,00	79,70	53,00
Ad. Mineral		29	24,00	5,1	5,0	27,0	15,0	32,0	0,8	47,40	79,80	59,00
Testemunha		22	25,00	5,1	4,4	14,0	16,0	32,0	0,8	46,80	79,20	59,00

4.2.2 –Matéria orgânica do solo

No Quadro 11, verifica-se que não houve diferença estatística significativa para a M.O., tanto com relação ao preparo, quanto ao tipo de adubação realizada e para a interação preparo x adubo, confirmando os resultados obtidos por OLIVEIRA et al. (2001), onde o teor de M.O. não sofreu influência dos sistemas de preparo. Já ALMEIDA (2001) verificou um aumento significativo na matéria orgânica entre o plantio direto (26,7 g.dm⁻³) e convencional (22,7 g.dm⁻³) e reduzindo em profundidade. Para solo de textura média, o teor de matéria orgânica considerado bom, segundo RAIJ et al (1997), é de 16-30 mg.dm⁻³ e de acordo com os resultados obtidos os teores de matéria orgânica encontrados são considerados bons, e LOPES (1984) considera níveis médios de 15-30 mg.dm⁻³, para os solos de cerrado.

4.2.3 – Acidez (pH em CaCl₂)

Para o pH (CaCl₂) (Quadro 11) verifica-se que houve variação de acordo com os adubos utilizados, porém, somente na camada de 0,0-0,10 m é que houve diferença significativa estatisticamente ao nível de 5%. O tratamento com esterco de galinha na profundidade de 0,0-0,10 m foi o que apresentou maior pH no solo (5,8), sendo que este não diferiu do tratamento esterco de galinha + ½ da adubação mineral (5,6). O menor valor do pH foi obtido no tratamento com crotalária (5,0) que não diferiu estatisticamente da testemunha (5,2), adubo mineral (5,1) e milheto (5,1). Na profundidade da 0,10-0,20 m não houve diferenças entre os tratamentos.

Na camada de 0,0-0,10 m os valores de pH estão acima do pH crítico (> 5,0), que segundo KIEHL (1979), para valores abaixo de pH 5,0 haverá deficiência dos elementos P, Ca, Mg, Mo, B ou toxidez de Al, Mn, Zn e outros metais pesados, devido as suas maiores solubilidades. Para os solos do Estado de São Paulo o pH médio considerado é de 5,1-5,5, sendo estes valores de 5,6-6,0, a acidez é considerada baixa (RAIJ et al., 1997).

Os valores de pH para os tratamentos com crotalária e milheto, foram semelhantes ao verificado por GUIMARÃES (2000). Segundo o autor, estes valores se devem as exudações ácidas pelas raízes das plantas, atuando diretamente no pH do solo pela crotalária.

Quadro 11. Valores médios do pH (CaCl_2) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Esterco de galinha	5,8 a	5,3 a
Est. gal. + ½ ad. mineral	5,6 ab	5,2 a
Testemunha	5,2 bc	5,0 a
Adubo mineral	5,1 bc	5,1 a
Milheto	5,1 bc	4,9 a
Crotalária	5,0 c	4,8 a
D.M.S. 5%	0,56	0,64

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Ao analisar o Quadro 10 onde estão os valores médios das propriedades químicas do solo em estudo verifica-se que houve um pequeno aumento no valor do pH, tanto no sistema de plantio direto quanto no convencional e para as duas profundidades analisadas, quando comparadas com a amostragem inicial. O maior valor do pH foi onde se obteve o maior teor de Ca, Mg, SB, CTC e V e menores teores de H + Al e Al, que corresponde ao tratamento onde usou o esterco de galinha e o menor valor foi para o tratamento com milho (pH 5,0) e que apresentou a menor SB.

4.2.4 – Potássio

No Quadro 12, estão apresentados os teores de potássio encontrados para cada profundidade avaliada e tipo de adubo utilizado. Verifica-se que houve diferença significativa para os valores médios obtidos entre os adubos utilizados na profundidade de 0,10-0,20 m, mas, para a profundidade de 0,0-0,10 não houve diferença estatística significativa. Este fato

pode ser atribuído pelo fornecimento do K através do esterco de galinha ($56 \text{ kg de K}_2\text{O.ha}^{-1}$) em maior quantidade que os outros adubos e parte deste lixiviou para a camada de 0,10-0,20 m, diferindo assim, dos demais tratamentos em profundidade. Para a profundidade de 0,10-0,20 m destacou-se o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral com maior valor ($7,53 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$), não diferindo do esterco de galinha que por sua vez não diferiu dos outros adubos.

Quadro 12. Valores médios de K ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Est. gal. + $\frac{1}{2}$ ad. mineral	7,15 a	7,53 a
Esterco de galinha	5,54 a	5,51 ab
Adubo mineral	5,64 a	4,33 b
Milheto	5,23 a	4,30 b
Testemunha	4,95 a	3,94 b
Crotalária	4,99 a	3,74 b
D.M.S. 5%	2,25	2,47

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao avaliar os valores médios de K no Quadro 10, verifica-se que houve uma tendência em aumentar os teores de K tanto nas profundidades avaliadas, na média, e nos dois sistemas de preparo ao comparar com a amostra inicial e este aumento em profundidade pode ser atribuído pela facilidade de mobilização dos cátions K, Ca e Mg para as camadas subsuperficiais e, que pode ser benéfico em alguns casos, enriquecendo as camadas mais profundas do solo em nutrientes (TOMÉ Jr, 1997). Ao verificar os valores obtidos de K para os adubos utilizados, o que se destacou foi o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral ($7,3 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

Os valores encontrados para o teores de K estão no nível considerado alto e muito alto (3,1-6,0 e >6,0 mg.dm⁻³, respectivamente), segundo RAIJ et al. (1997).

4.2.5 – Cálcio

No Quadro 13 estão os valores referentes ao Ca de acordo com as profundidades e adubos avaliados. Verifica-se que na profundidade de 0,0-0,10 m houve diferença estatística significativa entre os adubos, destacando-se o esterco de galinha (75,87 mmol_c.dm⁻³) e esterco de galinha + ½ da adubação mineral (64,12 mmol_c.dm⁻³) que não diferiram estatisticamente entre si, diferindo ambos dos demais e, o menor valor encontrado foi quando usou-se a crotalária (25,25 mmol_c.dm⁻³) que não diferiu do esterco de galinha + ½ da adubação mineral (64,12 mmol_c.dm⁻³), testemunha (30,50 mmol_c.dm⁻³), adubação mineral (28,87 mmol_c.dm⁻³) e milho (26,75 mmol_c.dm⁻³). Para a camada de 0,10-0,20 m não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Os teores médios da Ca da análise inicial e os valores para as profundidades e sistemas de preparo e adubos estão apresentados no Quadro 10 onde verifica-se que o conteúdo médio inicial de Ca (12,0 mmol_c.dm⁻³) passou para 36,5 mmol_c.dm⁻³ no plantio direto e no plantio convencional. Nos tratamentos a testemunha continha 14 mmol_c.dm⁻³ enquanto que para o esterco de galinha, esterco de galinha + ½ da adubação mineral, adubação mineral, milho e crotalária os valores foram 60, 54, 27, 25 e 23 mmol_c.dm⁻³, respectivamente, havendo portanto um incremento com os tratamentos. Os dados obtidos com o uso do esterco de galinha vêm corroborar com GIANELLO e ERNANI (1983), que obtiveram um incremento nos valores de Ca quando utilizou diversas doses de cama de frango e reduzindo o Al³⁺.

De acordo com a classificação de RAIJ et al (1997) os teores de Ca, em todos os tratamentos são considerados altos (>7,0 mmol_c.dm⁻³).

4.2.6 – Magnésio

No Quadro 14 estão os valores médios do elemento Mg de acordo com os adubos utilizados e profundidades avaliadas. Verifica-se que houve diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade para a camada de 0,0-0,10 m de profundidade, destacando-se o maior teor de Mg quando utilizou-se o esterco de galinha (21,50 mmol_c.dm⁻³), que não diferiu do esterco de galinha + ½ da adubação mineral, testemunha, adubação

Quadro 13. Valores médios de Ca (mmol_c.dm⁻³) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,10		0,10 – 0,20	
	Médias Transf.	Médias originais	Médias Transf.	Médias originais
Esterco de galinha	4,15 a	75,87	3,63 a	44,87
Est.gal. + ½ ad. mineral	4,10 a	64,12	3,68 a	44,87
Testemunha	3,45 b	30,50	3,24 a	24,62
Adubo mineral	3,39 b	28,87	3,29 a	23,50
Milheto	3,28 b	26,75	3,12 a	23,50
Crotalária	3,26 b	25,25	3,09 a	21,12
D.M.S. 5%	0,61	-	0,69	-

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias transformadas por: $\log(x + 2)$

mineral e milho com valores de 18,87, 18,87, 15,50 e 15,37 mmol_c.dm⁻³, respectivamente. O menor valor obtido foi quando utilizou-se a crotalária que não diferiu dos outros adubos, exceto para o esterco de galinha. Para a profundidade de 0,10-0,20 m, as diferenças obtidas não foram significativas. A maior concentração de Mg na superfície do solo, também foi obtida por CARVALHO (2000) onde verificou que o teor de Ca variou de 24,1 a 0,8 mmol_c.dm⁻³ para as profundidades de 0,0-0,10 m e 0,20-0,40 m quando utilizou leguminosas nos sistemas de plantio direto e convencional. O mesmo autor obteve valores de 21,5 e 19,3 mmol_c.dm⁻³ de Mg com o uso do milho e crotalária, respectivamente.

Embora o Mg possa ser lixiviado (MUZILLI, 1981), o cálcio está acima do teor considerado ótimo para RAIJ et al. (1997), principalmente na camada superficial.

Dados de Mg também estão apresentados no Quadro 10. Pelos valores obtidos na amostra inicial, verifica-se um incremento nos teores de Mg nas duas profundidades avaliadas, tanto no sistema de plantio direto como no sistema convencional. Quanto aos adubos utilizados, a seqüência em ordem decrescente de disponibilização nos teores de Mg foi: o esterco de galinha ($18 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) seguido do esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral recomendada.

Quadro 14. Valores médios de Mg ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Esterco de galinha	21,50 a	15,37 a
Est. gal. + $\frac{1}{2}$ ad. mineral	18,87 ab	14,62 a
Testemunha	18,87 ab	13,87 a
Adubo mineral	15,50 ab	14,37 a
Milheto	15,37 ab	12,87 a
Crotalária	13,50 b	10,50 a
D.M.S. 5%	7,63	7,33

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

mineral, testemunha, adubação mineral, milho e crotalária com valores de 17, 16, 15, 14 e 12 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente. De acordo com a classificação de RAIJ et al. (1997) os teores de Mg, em todos os tratamentos são considerados altos ($>8,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

4.2.7 – Acidez potencial (H+Al)

No Quadro 15 estão apresentados os valores médios de H + Al de acordo com os tipos de adubos utilizados e as profundidades. Para a profundidade de 0,0-0,10 m houve diferença significativa entre os adubos, sendo que a maior acidez potencial (H + Al) foi quando se usou a crotalária ($35,37 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) diferindo do esterco de galinha com $23,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e não diferindo dos demais tratamentos. Na profundidade de 0,10-0,20 não houve diferença significativa. A menor acidez do solo otida foi quando utilizou-se o esterco de galinha confirmando resultados obtidos por GIANELLO e ERNANI (1983), que observaram uma redução do Al^{+3} e um aumento no pH.

ALMEIDA (2001) verificou diferença significativa da acidez potencial quando comparado o sistema de plantio direto e convencional, sendo que no convencional foi maior que no direto (34 e $33 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente) e também houve uma redução em profundidade. Ao analisar os dados do Quadro 10 onde estão apresentados os valores médios da análise inicial, dos dois sistemas de preparo e profundidades avaliadas e a média geral dos adubos até a profundidade de 0,20 m, verifica-se que, que há uma seqüência crescente da acidez entre o sistema de plantio convencional para o direto ($31,5$ e $33,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$). Dados obtidos por MARKERT (2001) 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

Os adubos apresentaram a seguinte ordem decrescente quanto a acidez: esterco de galinha, esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral com 28 e $30 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ seguidos do adubo mineral, testemunha, milho e crotalária com 32 , 32 , 36 e $37 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente.

4.2.8 – Soma de bases

No Quadro 16 estão apresentados os valores médios da SB de acordo com os adubos utilizados e as profundidades avaliadas. Verifica-se que houve diferença estatística significativa na profundidade de 0,0-0,10 m, sendo que o tratamento que utilizou esterco de galinha foi o que apresentou o maior valor da SB não diferindo do tratamento esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral ($102,99$ e $90,17 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente). Já o menor valor da SB foi obtido quando utilizou a crotalária ($44,01 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e este não diferiu da testemunha, adubação mineral e milho ($51,34$, $49,76$ e $47,32 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente).

Quadro 15. Valores médios de H + Al ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Crotalária	35,37 a	38,00 a
Milheto	32,87 ab	38,50 a
Adubo mineral	32,62 ab	32,25 a
Testemunha	31,61 ab	33,25 a
Est. gal. + ½ ad. mineral	27,37 ab	32,50 a
Esterco de galinha	23,50 b	32,75 a
D.M.S. 5%	10,68	11,96

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quadro 16. Valores médios de SB ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)			
	0,00 – 0,10		0,10 – 0,20	
	Médias Transf.	Médias originais	Médias Transf.	Médias originais
Esterco de galinha	4,51 a	102,99	4,08 a	67,05
Est. gal. + ½ ad. mineral	4,46 ab	90,17	4,12 a	67,05
Testemunha	3,96 bc	51,34	3,76 a	42,16
Adubo mineral	3,92 c	49,76	3,83 a	45,05
Milheto	3,82 c	47,32	3,65 a	40,72
Crotalária	3,81 c	44,01	3,60 a	35,36
D.M.S. 5%	0,508	-	0,602	-

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Médias transformadas por: $\log(x + 2)$

No Quadro 10 estão as médias da SB da análise de solo inicial, sendo os valores obtidos na área de acordo com o sistema de preparo e adubos utilizados nas profundidades avaliadas. Observa-se que houve uma modificação no valor da SB tanto no sistema de plantio direto como no convencional, quando comparado com a análise inicial. Com relação aos valores médios obtidos na profundidade até 0,20 m na utilização dos adubos, verifica-se que o esterco de galinha foi o que disponibilizou maior valor da SB ($85 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) seguido do esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral, adubação mineral, testemunha, milho e crotalária com valores de 78,6, 47,4, 46,8, 44,01 e $39,7 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente. Nota-se também que os valores maiores para a SB foram os que apresentaram maiores teores de P, M.O., pH, Ca, Mg e menores valores de Al, Al + H, confirmando que a matéria orgânica (esterco de galinha) contribuiu significativamente para a melhoria das propriedades químicas do solo. O maior valor da CTC foi obtido quando utilizou-se o esterco de galinha, e estes valores vieram a contribuir com KIEHL (1985) em que a matéria orgânica contribuiu com 30-40 % na CTC em solos argilosos e 50-60 % em solos arenosos.

4.2.9 – Capacidade de troca catiônica

No Quadro 17 estão apresentados os valores médios da CTC de acordo com os adubos utilizados e profundidades avaliadas. Na profundidade da 0,0-0,10 m houve diferença significativa para os valores obtidos sendo que o esterco de galinha foi o que mais contribuiu para o aumento desta propriedade química ($126,50 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$), porém, não diferiu estatisticamente do esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ adubação e da testemunha ($117,55$ e $82,97 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente). Para a profundidade de 0,10 – 0,20 m, não houve diferença estatística entre as médias. CARVALHO (2000) obteve uma CTC inferior ao obtido para a crotalária e milho, sendo de $62,5$ e $59,5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ para o milho e crotalária, respectivamente.

Analisando os valores da CTC (Quadro 18) e pH (Quadro 11) observa-se que há uma relação entre essas duas propriedades conforme RAIJ (1969), onde em seu trabalho verificou que em diversos perfis estudados a CTC aumentou com o aumento do pH e estes valores foram obtidos onde os teores de M.O. foram maiores. De acordo com RAIJ et al. (1997) os

valores de CTC para a cultura do algodão, estão acima dos valores considerados para as recomendações de adubação em todos os tratamentos ($>60,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

Quadro 17 Valores médios de CTC ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Esterco de galinha	126,50 a	98,44 a
Est. gal. + ½ ad. mineral	117,55 ab	99,55 a
Testemunha	82,97 ab	75,39 a
Adubo mineral	82,39 b	77,30 a
Milheto	80,20 b	79,22 a
Crotalária	79,39 b	73,36 a
D.M.S. 5%	43,58	34,01

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.2.10– Saturação por bases

Os valores médios de saturação por bases (V %) estão apresentados no Quadro 18 e verifica-se que estes apresentam o mesmo comportamento que obteve a CTC. Para a profundidade de 0,0-0,10 m houve diferença estatística significativas entre os adubos utilizados. O tratamento que mais contribuiu para o V% foi o esterco da galinha, o esterco de galinha + ½ da adubação e testemunha (77,37, 74, 75 e 61,50 %, respectivamente), que não diferiram estatisticamente entre si. Os tratamentos que contribuíram para o seu baixo valor foi a crotalária, o milho, adubação mineral e testemunha, que não diferiram estatisticamente entre si (55,12, 56,87, 60,25, 61,50 %, respectivamente). Valores de V %, para o milho e

crotalária foram semelhantes aos obtidos por CARVALHO (2000) 51,4 e 49,3 %, respectivamente.

Quadro 18. Valores médios de V (%) de acordo com os adubos utilizados e profundidades estudadas, em LATOSSOLO VERMELHO de Selvíria-MS, amostrado em 03.05.2002.

Tratamentos	Profundidade (m)	
	0,00 – 0,10	0,10 – 0,20
Esterco de galinha	77,37 a	61,12 a
Est. gal. + ½ ad. mineral	74,75 ab	63,62 a
Testemunha	61,50 abc	55,75 a
Adubo mineral	60,25 bc	58,00 a
Milheto	56,87 c	49,50 a
Crotalária	55,12 c	48,00 a
D.M.S. 5%	16,52	21,09

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

No Quadro 10 verifica-se que os valores de V % foram alterados com os sistemas de preparo do solo (plântio direto e convencional) e tipo de adubo utilizado até a profundidade de 0,20 m em relação à amostragem inicial. Dentre os adubos utilizados os, que mais contribuíram para o maior alteração de V % foi o esterco de galinha, esterco de galinha + ½ da adubação mineral com valores de 69 % para ambos e, o menor valor foi para a crotalária com 52 % e milheto 52 %. De acordo com RAIJ et al. (1997) os valores de V % na amostra inicial está abaixo do considerado ideal (70 %), mas após os tratamentos, na média esses valores, aumentaram ficando próximo do valor recomendado, no caso para o esterco de galinha e esterco de galinha + ½ da adubação mineral. Segundo o autor, recomenda-se a correção do solo para atingir um V % de 70 % para o Estado de São Paulo e segundo TOMÉ Jr (1997) a correção para as áreas de cerrado devem ser para atingir um V % de 50 %.

4.3 – Produtividade das culturas do algodão e feijão

No Quadro 19, estão apresentados os resultados da análise estatística para a produção da cultura do algodão. Pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade, verifica-se que houve diferença significativa para produção na interação preparo do solo x adubos. No desdobramento da interação (Quadro 20), estão apresentadas as médias de produção do algodoeiro nos dois sistemas de preparo de acordo com os adubos utilizados. Pelo teste de Tukey, na comparação de médias, verificou-se que não houve diferenças significativas dentro do sistema preparo e, entre os dois sistemas de preparo quando utilizados o esterco de galinha, esterco de galinha + ½ da adubação mineral, adubação mineral e crotalária. Quando se utilizou o milho e também na testemunha, houve diferenças significativas no teste de comparação de médias ao nível de 1% de probabilidade, sendo que a produtividade foi maior no plantio direto com o uso do milho e na testemunha. Na média geral o sistema de plantio direto foi mais produtivo que o sistema de plantio convencional (2.136,00 e 1.818,00 kg. ha⁻¹, respectivamente).

O tratamento testemunha no plantio direto foi 56 % mais produtivo que no sistema convencional (2.422 e 1.650 kg.ha⁻¹). A média do plantio direto foi 15 % mais produtivo que o valor obtido para o tratamento com adubo verde guandu em sistema de plantio direto, que foi o tratamento onde obteve-se maior produtividade nos tratamentos avaliados por BOLONHEZI et al. (1999), no município de Selvíria-MS,

Quadro 19. Quadrados médios, coeficientes de variação, valores de F e probabilidades para produtividade de algodão em função dos tratamentos.

Causas da variação	GL	QM	Valor de F	Prob.>F
Preparo	1	1.212.028,98	6,88 ^{ns}	0,078
Resíduo A	3	176.232,92	-	-
Adubos	5	63.424,23	0,76 ^{ns}	0,587
Preparo x adubo	5	255.303,79	3,06 [*]	0,0237
Resíduo B	30	83.415,81	-	-
CV %	A = 8,668		B = 14,607	

* e ^{ns} são respectivamente: significativos a 5% e não significativo.

Quadro 20. Desdobramento da interação preparo x adubação referente à produtividade de algodão em caroço – kg.ha⁻¹

Preparos	Est. galinha	Est.gal + ½ ad.min.	Ad. mineral	Crotalária	Milheto	Testemunha	Média
P. Direto	2.017 aA	2.150 aA	1.931 aA	1925 aA	2.374 aA	2.422 aA	2.136
P. Convencional	2.104 aA	1.805 aA	1.957 aA	1.710 aA	1.684 bA	1.650 bA	1.818
Médias	2.060	1.977,50	1.944	1.818	2.029	2.036	1.977
DMS 5%		462,65		DMS 1 %		629,71	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais, na coluna e maiúsculas na linha, diferem estatisticamente entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Estes resultados obtidos mostraram que apesar de algumas propriedades físicas no sistema de plantio direto terem se apresentado com índices abaixo do limite crítico para o bom desenvolvimento do sistema radicular (ex: macroporosidade < 0,10 m³.m⁻³), não interferiu na produção de algodão e, também as propriedades químicas do solo oferecidas pelos adubos utilizados favoreceram na melhoria da produtividade. O comportamento verificado para a produção de algodão está de acordo com os trabalhos realizados por BOLONHEZI & OLIVEIRA (2001), que verificaram que a produção de adubos verdes interferiu significativamente na produção de algodão. Também MEDEIROS et al. (2001) verificaram que a produtividade do algodão foi equivalente nos sistemas de manejo direto, convencional e cultivo mínimo, e que a produtividade no plantio direto foi maior que no convencional na utilização da aveia como planta de cobertura, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

A produtividade média de algodão em caroço dos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e São Paulo é 3.380, 2.639 e 2.313 kg.ha⁻¹ respectivamente, e a média nacional de 2.136 kg.ha⁻¹ (RICHETTI et al., 2001), verificando com isso que a média do plantio direto foi semelhante a média do Estado de São Paulo e equiparou-se com a média nacional. Já o plantio convencional obteve uma produção inferior a média do Estado de São Paulo.

No Quadro 21 estão apresentados os quadrados médios, coeficiente de variação, valores de F e probabilidades para produção de grãos de feijão avaliados em duas épocas de plantio, sendo a primeira em 2001 e a segunda em 2002. Pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade verifica-se que houve diferença significativa para as interações época x preparo

Quadro 21. Quadrados médios, coeficientes de variação, valores de F e probabilidades para produtividade de grãos de feijão avaliadas em duas épocas de plantio (2001 e 2002) em função do preparo e adubos, no município de Selvíria-MS.

Causas da variação	GL	QM	Valores de F	Prob. > F
Época	1	281.132,87	0,2145	0,6737
Preparo	1	2.016.860,38	4,8204	0,0690
Época x preparo	1	3.560.292,13	8,5094 *	0,0262
Resíduo A	6	418.397,27	-	-
Adubo	5	868.501,11	6,9436 **	0,0001
Preparo x adubo	5	147.607,16	1,1801	0,3292
Época x adubo	5	465.671,518	3,7230 *	0,0056
Época x preparo x adubo	5	118.984,12	0,9513	0,5939
Resíduo B	60	125.078,72	-	-
CV (%)		A = 28,82		B = 15,76

e época x adubo. Para adubo ao nível de 1% de probabilidade também houve diferença significativa.

No Quadro 22 está apresentado o desdobramento da interação época x preparo para a produtividade de feijão em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no município de Selvíria-MS. As médias dos preparos para a primeira época, ou seja, no início da implantação do experimento não houve diferenças significativas entre o preparo convencional e o plantio direto. Para a safra de 2002, segunda época, houve diferenças significativas para as médias de produção quando comparados os dois sistemas de preparo, o direto e o convencional, onde o plantio direto proporcionou maior produtividade de grãos (2.528 kg.ha^{-1}) que o plantio convencional (1.853 kg.ha^{-1}). Dados de produção de feijão obtidos por ARF et al. (1999) sob o efeito de rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada, no município de Selvíria-MS, obteve uma produtividade de 1.189 kg.ha^{-1} no tratamento quando utilizou apenas a palhada com milho e no tratamento com o uso da mucuna preta incorporada a produtividade foi de 2.407 kg.ha^{-1} . Portanto a produtividade da segunda safra, após os tratamentos, no sistema de plantio direto foi superior aos valores obtidos por ARF et al. (1999) e no plantio convencional superou apenas a produtividade do tratamento com palha de milho.

Este resultado vem corroborar com os obtidos por EMBRAPA (1994), onde cultivou o feijoeiro em Latossolo Vermelho-Escuro em sistemas de plantio direto e convencional cuja produção de grãos foi maior para o sistema de plantio direto. A produtividade obtida para o plantio direto foi 233 % maior que a produtividade média (das secas) do sudeste e centro oeste brasileiro, que é de 759 kg.ha⁻¹ (YOKOYAMA et al, 1996), e 144 % maior para o plantio convencional.

Analisando as produtividades entre as épocas de plantio verifica-se que para o plantio direto não houve diferenças significativas, mas houve significância para o plantio convencional, verificando-se que na primeira safra, a produtividade foi maior.

Quadro 22. Desdobramento da interação época x preparo para a produtividade de grãos de feijão avaliado em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no município de Selvíria-MS.

Preparo	Produtividade de grãos de feijão	
	2001	2002
Direto	2.251 a A	2.528 a A
Convencional	2.346 a A	1.853 b B

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No Quadro 23 estão apresentados os dados médios de produção de grãos de feijão para o fator adubo e verifica-se através das médias de produção que houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Destaca-se com maior produtividade o esterco de galinha + ½ da adubação mineral (2.626 kg.ha⁻¹) e o esterco de galinha (2.437 kg.ha⁻¹) que não diferiram estatisticamente, no entanto a menor produtividade foi para a testemunha com 2.060 kg.ha⁻¹ que não diferiu da crotalária (2.070 kg.ha⁻¹) adubo mineral (2.101 kg.ha⁻¹) e milho (2170 kg.ha⁻¹).

Para o fator época x adubos (Quadro 24) verifica-se que para o primeiro plantio (safra 2001) não apresentou diferenças significativas da produção, pois era de se esperar que este resultado fosse obtido, uma vez que os adubos foram implantados após o cultivo da primeira safra de feijão. Nesta fase, o fator preparo não interferiu na produtividade. No entanto, para a produção de grãos de feijão da segunda safra (2002), verifica-se que houve diferença

significativa entre as médias quando utilizados os diferentes tipos de adubos, ao nível de 5% de probabilidade. Nesta safra, a utilização do esterco de galinha + ½ da adubação mineral foi

Quadro 23. Valores médios de produtividade de grãos de feijão ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para fator adubo avaliadas em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no município de Selvíria-MS.

Adubos	Produtividade de grãos de feijão
Est. + ½ ad. mineral	2.626 a
Esterco de galinha	2.437 ab
Milheto	2.170 bc
Adubo mineral	2.101 bc
Crotalária	2.074 bc
Testemunha	2.060 c
D.M.S. 5%	367,81

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

a que proporcionou maior produtividade de grãos ($2.816 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) que não diferiu estatisticamente do esterco de galinha ($2.540 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). A testemunha ($1.835 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), a crotalária ($1.875 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), o milheto ($2.016 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o adubo mineral ($2.062 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na diferiram entre si.

Ao comparar as épocas de plantio para cada tratamento utilizado, verifica-se que houve diferença significativa para o esterco de galinha + ½ da adubação mineral, crotalária e para a testemunha. O uso do esterco de galinha + ½ da adubação mineral favoreceu para o aumento da produtividade, enquanto que o uso da crotalária e a testemunha favoreceram para a redução da produtividade de grãos de feijão.

No Quadro 25 estão apresentados os quadrados médios, coeficiente de variação, valores de F e probabilidades de ocorrência para produção de matéria seca da cultura de feijão avaliadas em duas épocas de plantio, sendo a primeira em 2001 e a segunda em 2002. Pelo teste F, ao nível de 1 % de probabilidade verifica-se que houve diferença significativa para época, adubo e para interação época x adubo ao nível de 1 % de probabilidade e, também para a interação preparo x adubo ao nível de 5 % de probabilidade. No Quadro 26 estão os dados de produtividade média de matéria seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para época de cultivo, onde verifica-se que na segunda safra (2002), foi maior que a primeira safra (2001), com 2.625 e $1.607 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Quadro 24. Desdobramento da interação época x adubo para produtividade de grãos de feijão ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaliado em duas épocas de plantio (2001 e 2002), no município de Selvíria-MS.

Adubos	Fator época x adubo	
	Safra 2001	Safra 2002
Est. + ½ ad. mineral	2.435 a B	2.816 a A
Esterco de galinha	2.332 a A	2.540 ab A
Milheto	2.324 a A	2.016 c A
Adubo mineral	2.140 a A	2.062 bc A
Crotalária	2.274 a A	1.875 c B
Testemunha	2.285 a A	1.835 c B
D.M.S. 5%	520,16	

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Quadro 25. Quadrados médios, coeficientes de variação, valores de F e probabilidades de ocorrência para produção de matéria seca de feijão avaliadas em duas épocas (2001 e 2002) em função de preparo e adubos, no município de Selvíria-MS.

Causas da variação	GL	QM	Valores de F	Prob. > F
Época	1	24.853.455,37	75,662 **	0,0026
Preparo	1	1.281.126,04	1,350	0,2896
Época x preparo	1	6.936,00	0,007	0,9324
Resíduo A	6	949.251,24	-	-
Adubo	5	1.568.997,12	6,7174 **	0,0001
Preparo x adubo	5	596.017,79	2,552 *	0,0364
Época x adubo	5	944.288,47	4,0428**	0,0034
Época x preparo x adubo	5	351.913,40	1,5066	0,2005
Resíduo B	60	233.573,58	-	-
CV (%)		A = 46,05	B = 22,85	

Quadro 26. Valores médios de produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), para época de cultivo, no município de Selvíria-MS.

Época	Matéria seca do feijoeiro
1ª safra (2001)	1.607 a
2ª safra (2002)	2.625 b
D.M.S 5%	268.23

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No Quadro 27 estão apresentados os valores médios de matéria seca do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para o desdobramento de adubo. Para a média de produtividade de matéria seca do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para os tratamentos com as adubações, verifica-se que houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre os adubos orgânicos, plantas de cobertura e adubo mineral destacando-se com maior produtividade o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral ($2.443 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) seguido do esterco de galinha ($2.418 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e adubo mineral ($2.330 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) que não diferiram entre si, estatisticamente. A menor produção foi para a testemunha com $1.774 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ que não diferiu da crotalária ($1.837 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e do milheto ($1.890 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Quadro 27. Valores médios de produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para o fator adubo cultivado em duas épocas, irrigadas, no município de Selvíria-MS.

Adubos	Matéria seca do feijoeiro
Est. + $\frac{1}{2}$ ad. mineral	2.443 a
Esterco de galinha	2.418 a
Adubo mineral	2.330 ab
Milheto	1.890 bc
Crotalária	1.837 bc
Testemunha	1.774 c
D.M.S. 5%	502,63

Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, na coluna.

Para a interação época x adubo (Quadro 28), verifica-se que na primeira safra (2001) não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, mas para a segunda safra (2002), houve diferenças significativas, sendo que o esterco de galinha (3.250 kg.ha^{-1}) e o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral (3.200 kg.ha^{-1}) obtiveram as maiores produtividades de matéria seca não diferindo entre si e também da adubação mineral com 2.861 kg.ha^{-1} . A menor produção de matéria seca obtida foi quando utilizou a crotalária com 2.061 kg.ha^{-1} que não diferiu da testemunha com 2.142 kg.ha^{-1} . Ao analisar as épocas de plantio dentro de cada tipo de adubo utilizado verifica-se que somente quando utilizou crotalária não houve diferenças significativas para as épocas. Para os outros tratamentos, os adubos utilizados, proporcionaram aumento significativo na produção de matéria seca do feijão. Dos valores obtidos de produção de matéria seca do feijoeiro, para a segunda safra, quase todos foram superiores aos obtidos por ARF et al. (1999) onde o seu menor valor foi quando o mesmo utilizou milho + mucuna incorporado (1.670 kg.ha^{-1}) e o maior valor foi quando utilizou lab-lab (2.385 kg.ha^{-1}) e mucuna preta (2.380 kg.ha^{-1}), antes do plantio de feijão.

Quadro 28. Desdobramento da interação época x adubo para a produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro (kg.ha^{-1}) avaliada em duas épocas, no município de Selvíria-MS.

Adubos	Matéria seca do feijoeiro	
	Safra 2001	Safra 2002
Est. + $\frac{1}{2}$ ad. mineral	1.686 a B	3.200 a A
Esterco de galinha	1.587 a B	3.250 a A
Adubo mineral	1.799 a B	2.861 ab A
Milheto	1.548 a B	2.231 bc A
Crotalária	1.612 a A	2.061 c A
Testemunha	1.407 a B	2.142 c A
D.M.S. 5%	710,82	

Médias seguidas de letras iguais minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, na coluna.

No Quadro 29 está apresentado o desdobramento da interação preparo x adubo para a produtividade de matéria seca do feijoeiro ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Verifica-se que houve diferença significativa dentro de preparo, quando analisando os adubos orgânicos, plantas de cobertura e adubo mineral, utilizados. Para o plantio convencional o esterco de galinha foi o que proporcionou maior produtividade da matéria seca do feijoeiro ($2.675 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), seguido do adubo mineral ($2.644 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), do esterco da galinha ($2.252 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), milho ($2.011 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e testemunha ($1.997 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) que não diferiram estatisticamente entre si. A menor produção obtida de matéria seca foi quando utilizou-se a crotalária ($1.807 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), que diferiu da testemunha, milho e adubação mineral. Para o sistema de plantio direto a maior produtividade obtida foi quando utilizou-se o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral ($2.635 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) seguido do esterco da galinha ($2.162 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e da adubação mineral ($2.016 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e a menor produtividade obtida foi para a testemunha ($1.552 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), que não diferiu do milho ($1.768 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), crotalária ($1.867 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e também da adubação mineral e esterco de galinha.

Ao analisar os sistema de preparo dentro de cada adubo utilizado verifica-se que houve diferença significativa apenas para o esterco de galinha e adubação mineral utilizado, onde os mesmo proporcionaram maior aumento de produção de matéria seca no sistema de plantio convencional.

Quadro 29. Desdobramento da interação preparo x adubo para a produtividade de matéria seca da palha do feijoeiro, cultivado no município de Selvíria-MS.

Adubos	Plantio convencional	Plantio direto
Esterco de galinha	2.675 a A	2.162 ab B
Adubo mineral	2.644 a A	2.016 ab B
Est. + $\frac{1}{2}$ ad. mineral	2.252 ab A	2.635 a A
Milho	2.011 ab A	1.768 b A
Testemunha	1.997 ab A	1.552 b A
Crotalária	1.807 b A	1.867 b A
D.M.S. 5%	710,82	

Médias seguidas de letras iguais minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

1- Os sistemas de preparo e adubos utilizados, após um ano de estudo, não interferiram nas propriedades físicas do solo estudadas.

2 - Houve correlação significativa entre macroporosidade, porosidade total e densidade do solo, sendo que a correlação foi positiva para macroporosidade e porosidade do solo; negativa para macroporosidade e microporosidade, macroporosidade e densidade total e entre porosidade total e densidade do solo.

3 - Os diferentes tipos de adubos e plantas de cobertura interferiram nas propriedades químicas do solo, melhorando os teores dos elementos avaliados. Na média, o sistema de plantio direto foi o que mais disponibilizou ao solo os elementos avaliados, inclusive o teor de Al.

4 - Entre os adubos utilizados o esterco de galinha e o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral foram os melhores para o aumento da produtividade do algodão, feijão em função da melhoria das propriedades químicas do solo.

5 - Os preparos e adubos utilizados interferiram na média de produção do algodão, destacando-se, para o plantio direto, o milheto como a melhor planta de cobertura com 11,14 % superior a média do plantio direto. O esterco de galinha foi o adubo mais promissor.

6 - Para a produção de feijão o plantio direto ofereceu maior produtividade de 36,41 % em relação ao plantio convencional e dentro do plantio direto o esterco de galinha + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral foi o que mais se destacou juntamente com o esterco de galinha, sendo 69,78 e 39,30 %, respectivamente, superior a testemunha ($1.552 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, F.S. Informações da cobertura morta do plantio direto na biologia do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Atualização do plantio direto**. Campinas: Fundação Cargil, 1985, p.103-144.

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

ALVES, M.C. **Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeitos nas propriedades físicas e químicas**. Piracicaba, 1992. 173p. Tese (Doutorado em solos e nutrição mineral de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo

ALVES, M.C.; CASTRO, O. M.; LOMBARDI NETO, F. Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: Efeitos nas propriedades químicas e produtividade da soja. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1, 1993, Ponta Grossa. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p.62.

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

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**, Viçosa, v.24, n. 3, p.609-620, 2000a.

ANDREOLA, F.; COSTA, L .M.; OLSZEWSKI, N. ; JUCKSCHI, I. Influência da cobertura vegetal do inverno e da adubação orgânica e ou mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.857-865, 2000b.

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, DF, v.11, p. 2029-2036, 1999.

BALDISSERA, I.T.; SCHERER, E.E. Sucessão milho/mucuna em solo Brunizem Avermelhado (Ba) e Latossolo Roxo distrófico (LRd) no Oeste catarinense. In: I ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE I, 1993, Ponta Grossa. **Resumos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. p14-15.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.;GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4.ed. New York: J. Wiley C. Sons, Inc. 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**, Viçosa, v. 23, n.3, p.687-694, 1999.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; CAMPOS, L.N.G. ; BATISTELA, O. Propriedades físicas e químicas e produtividade de milho afetada pelo manejo do solo com tração animal, numa terra Bruna estruturada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.971-976, 2000a.

BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.2, p.47-50, 1989.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J.M; et al. Propriedades físicas de um Cambissolo húmico álico afetadas pelo manejo do solo após cinco cultivos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.91- 95, 2000b.

BOLONHEZI, A.C.; OLIVEIRA, R. C. Algodão em rotação com diversas plantas de cobertura, no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: EMBRAPA, 2001. p.599-601.

BOLONHEZI, A.C.; OLIVEIRA, R.C.; VALÉRIO FILHO, W.V.; JUSTI, M.M.; BOLONHEZI, D. Efeitos de diversos adubos verdes na produção de algodão no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p.391-393.

BOLONHEZI, A.C.; OLIVEIRA, R.C. Algodão em rotação com diversas plantas de cobertura no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA-Agropecuária Oeste, 2001. p.466-468.

BOLOTA, E.L.; HUNGRIA, M.; COLOZZI FILHO, A.; CAMPO, R.J.; HERNANI, L.C. Biologia do solo. In: SALTON. J.C. et al. **Sistema de plantio direto**. Brasília: EMBRAPA, 1998, p. 92-101.

BRASIL, Ministério da Agricultura e de Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF:SNDA/DNDV/CLAV, 1992.365p.

CALEGARI, A. FERRO, M.; GRZESIUSK, F.; JUNIOR, L.J. Efeitos do manejo e da rotação de culturas nas características físicas do solo e no rendimento dos cultivos. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4, 1993, Passo Fundo-RS. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p.130-135. (EMBRAPA-CNPT. Documento, 14).

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

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.

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.

DAROLT, M.R. Considerações gerais e perspectivas de expansão. In: INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. **Plantio direto: pequena propriedade sustentável**. Londrina: IAPAR, 1998. p.1-14. (Circular, 101).

DEMATTÊ, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1980, 44p.

DERPSCH, R Manejo e conservação do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL **Plantio direto no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1984. p. 1-12.

DERSPECH, R. Desenvolvimento e difusão do sistema de plantio direto em resíduos de adubos verdes em pequenas propriedades no Paraguai. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE 1, 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.56.

DORAN, J.W., PARKIN T. B. Defining and Assessing Soil Quality. In: Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. **Soil Science Society of America**, Madison, v.35, p.13-21, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Goiânia,GO). **Relatório técnico do centro nacional de pesquisa de arroz e feijão 1990-1992**. Goiânia: Embrapa, 1994. 325p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 51).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: EMBRAPA – SPI, 1999. 412p.

FUNDAÇÃO CARGIL. **Adubos orgânicos, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargil, 1984. 138p.

FERNANDEZ, F.M.; HECKLER, J.C.; LAMAS, F.M.; STATU, L.A. O algodoeiro em rotação com a soja no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999. p.77-79.

GIANELLO, C.; ERNANI, P.R. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frango, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**: v.7, n.3, p.285-290, 1983.

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**. Ilha Solteira, 2000. 104p. Dissertação (Mestrado em sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha In: SALTON. J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. **Sistema de plantio direto**. Brasília, DF : EMBRAPA, 1998. cap. 3, p. 37-49.

HERNANI. L.C.; SALTON. J.C. Conceitos. In: SALTON. J.C. et al. **Sistema de plantio direto**. Brasília: EMBRAPA, 1998a. cap. 1, p. 15-20.

HERNANI. L.C.; SALTON. J.C. Manejo e conservação do solo. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. Algodão: Informações técnicas. Dourados: EMBRAPA-CPAO, p. 26-50, 1998b.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.

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

KLEIN, N.A., LIBARDI, P.L. Faixa de umidade menos limitante ao longo do perfil de um Latossolo roxo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.10, p. 959-960, 2000.

KLEIN, V. A. BOLLER, W.; CANDATEN, A.; BORTOLOTTI, D.R., DALPAZ, R.C.. Avaliação de escarificadores e resposta da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, n.2, p.307-311, 1995.

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. **Sistema de plantio direto**. Brasília: EMBRAPA, 1998, p. 135-144.

LACA-BUENDIA, J.C. Calagem e adubação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.4, p.16-21, 1978.

LOLLATO, M.A.; PARRA, M.S.; SHIOGA, P.S. Efeitos de coberturas do solo com capins marmelada e braquiária sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de viçosa, 2002. p.610-611.

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”- características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984.162p.

MARCIANO, C.R. **Incorporação de resíduos urbanos e as propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. Piracicaba, 1999. 93p. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

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

MEDEIROS, G. B.; COSTA, A.; ALMEIDA, W. P.; JORGE, W.; RODRIGUES, B. N. Produtividade do algodoeiro sob cultivo mínimo, convencional e sistema de plantio direto em sucessão e monocultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: EMBRAPA, 2001. p.667-669.

MIELNICZUK, J. TESTA, V.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; PALADÍN, F.L.S.; BAYER, C.. **Recuperação da produtividade do solo por sistemas de cultivos.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 1993, Casto-PR. **Anais...** Castro: ABC, 1993. p.157-159.

MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Plantio direto no Brasil.** Campinas: Fundação Cargil, 1984. p.53-78.

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

MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Atualização de plantio direto.** Campinas: Fundação Cargil, 1985a. p.3-16.

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

NEGRO.S.R.L. **Sistema radicular de leguminosas. Efeitos na recuperação do solo e produtividade do milho para silagem, na região de cerrado de Selvíria (MS).** Ilha Solteira, 1999, 42. (Trabalho de Graduação) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista .

OLIVEIRA FILHO, J.M., CARVALHO, M.A.; GUEDES, G.A. A. Matéria orgânica do solo. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.13, n. 147, p. 22-24, 1987.

OLIVEIRA, J.A.P.; VIDIGAL FILHO, P.S.; TORMENA, C.A.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; MUNIZ, A.S. e SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo de solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). . **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v.25, n.2, p.443-450, 2001.

RAIJ, B. van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral no solo. **Bragantia,** Campinas, v.28, n.8, p.85-112, 1969.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1997. 287 p. (Boletim técnico, 100).

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

RAPER, R. L.; REEVES, D. W. Developing conservation tillage system for cotton in the Tennessee valley: in-row tillage and cover crop effects. In: BELTWISE COTTON CONFERENCES, 1998, San Diego. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1998. p.621-623.

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

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G.A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão – tecnologia de produção.** Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, p. 13-34, 2001.

ROMANO, A. P. Plantio direto e recursos hídricos. IN: SATURNINO, H.M. ; LANDERS, J.N. **O meio ambiente e o plantio direto.** Brasília, DF: EMBRAPA – SPI, 1997. cap.5, p.75-82.

SANTOS, A.C.; SILVA, I.F.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, A.P.; CAVALCANTE, V.R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: Efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.4, p.1063-1071, 2001.

SANTOS, J.C.F.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto.: II. Efeito sobre algumas propriedades químicas do solo e produção de grãos de trigo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1, 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993, p.32.

SCHICK, J.; BERTOL. I. BABINOT JÚNIO, A.A.; et al. Erosão hídrica em Cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo-II: Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n.2, p.437-447, 1999.

SILVA, C.S.W.; FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; FAGUNDES, J.L.; SILVA, A.A.; SEDIYAMA, C.S. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7. 2000, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.564-565.

SILVA, M.L.N.; BAHIA, V. G.; BARROSO, D.G. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n 176, p.44-50, 1992.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.311-317, 1998.

SILVA, J.R.C.; SILVA, F.J. Eficiência de dois níveis de adubação orgânica com esterco de galinha e bovino no rendimento de milho irrigado em solo aluvial vértico. REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1998. p.114-115.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n. 2, p.387-394, 2001

SIQUEIRA, R.; YAMAOKA, R.S.; CASÃO JUNIOR, R.; MEDEIROS, G.B.; HAMAKAWA, P.J.; LADEIRA, A.S. Sistemas de preparo e coberturas vegetais em um solo de baixa aptidão agrícola. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 1, 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p.34.

SOUZA, Z. M. **Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho Escuro de Selvíria-MS sob diferentes usos e manejos**. Ilha Solteira, 2000. 127p. Dissertação (Mestrado em sistemas de produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Respostas de duas cultivares de feijão a diferentes lâminas de irrigação, sob diferentes preparo de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Resumos expandidos...** Viçosa: SBCS, 1995. p.1743-1745.

TOMÉ Jr, J.B. **Manual de interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; MOREIRA, J. A. A.; URCHEI, M. A.; HERNANI, L. C.; GAUDÊNCIO, C. A.; PRIMAVESI, O.; FRANZ, C.A.B. Compactação do solo. IN: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C. ; FONTES, C. Z. **Sistema de plantio direto**. Brasília: EMBRAPA, 1998. cap.8, p.103-118.

VASCONCELLOS, C.A .; PACHECO, E.B. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v 13, n.147, p.37-40, 1987.

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Atualização do Plantio Direto**. Campinas: Fundação Cargil, 1985, p.163-177.

YOKOYAMA, L.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. 786p.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA Jr, P. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1984. 151p.