

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PLANTAS DE COBERTURA: EFEITO NOS ATRIBUTOS DO
SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA EM
ROTAÇÃO**

Adelar José Fabian
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Janeiro de 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PLANTAS DE COBERTURA: EFEITO NOS ATRIBUTOS DO
SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA EM
ROTAÇÃO**

Adelar José Fabian

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Corá

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Janeiro / 2009

F.118P Fabian, Adelar José
Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na
produtividade de milho e soja em rotação / Adelar José Fabian.
– Jaboticabal, 2009
xiv, 83 f. 28 cm

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009

Orientador: José Eduardo Corá
Banca examinadora: Carolina Fernandes, Edson Luiz
Mendes Coutinho, José Luiz Rodrigues Torres, Marcilio Vieira
Martins Filho
Bibliografia

1. Semeadura direta. 2. Plantas de cobertura. 3. Rotação
milho-soja. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.584.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Jaboticabal.

E-mail: adelarfabian@gmail.com ;



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PLANTAS DE COBERTURA: EFEITO NOS ATRIBUTOS DO SOLO
E NA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA EM ROTAÇÃO

AUTOR: ADELAR JOSÉ FABIAN

ORIENTADOR: Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) pela Comissão Examinadora:

Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ

Dr. MARCÍLIO VIEIRA MARTINS FILHO

Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

Dra. CAROLINA FERNANDES

Dr. JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES

Data da realização: 27 de janeiro de 2009.

Presidente da Comissão Examinadora

Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADELAR JOSÉ FABIAN - nasceu em 23 de março de 1966 em Mariópolis - PR, sendo o sétimo filho de NOÉ FABIAN e de ROSALINA COLLA FABIAN, agricultores. Cursou o primário na Escola Rural Isolada Linha Pagnoncelli em Mariópolis – PR, o ginásio na Escola Estadual Paranatinga – MT e o Curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá – MT, atual Cefet Cuiabá - MT. Graduiu-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas em 1989 e em Engenharia Agrônoma em 1993 pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Obteve o grau de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) pela UFRRJ em 1995. Atua como docente desde 1991. É Professor concursado e atua no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, campus de Uberaba – MG no grupo de pesquisa cadastrado junto ao CNPq em “Manejo e Conservação do Solo e da Água no Cerrado”. Desenvolve projetos com plantas de cobertura do solo em sistema de semeadura direta e manejo integrado de microbacias hidrográficas desde 2000.

HOMENAGEM ESPECIAL

A meu pai **NOÉ FABIAN**, *in memorian*, que me ensinou a maior das virtudes ante os desafios da vida terrena: a serenidade.

A minha querida mãe **ROSALINA COLLA FABIAN**, *in memorian*, que partiu há poucos dias, mas deixou o exemplo de resignação, fé, bondade e perdão.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,

Noé Fabian e Rosalina Colla Fabian

Que souberam me dar as bases de valores éticos e morais para a vida.

Aos meus irmãos,

Nerci, Leonildo, Verônica, Iraide, Gil, Neivo e Dinair

Aos meus filhos,

Erick e Lílian

Antes de ensinar, aprendi muito com vocês. A dividir e compartilhar. Obrigado pela compreensão nos momentos de ausência e nos momentos que não pude dar a atenção que mereciam.

À minha companheira e esposa,

Daniela Parada Fabian

O teu apoio e compreensão foram fundamentais nesta jornada. Agradeço pelas palavras e gestos de carinho, força e confiança neste trabalho.

Aos meus sogros

Lourdes Maria Parada e Adilson Alves Parada

Vocês me acolheram como a um filho que a casa retorna. Apoiaram-me orientaram e estimularam dando muita força nos momentos de fraqueza não permitindo que o desânimo se abatesse sobre mim. Minha eterna gratidão.

A meus cunhados

Márcio e Giordana,

Obrigado pelo apoio e torcida pela conquista.

AGRADECIMENTOS

- À **DEUS** que tudo permite, dentro das Leis Universais.
- Ao meu orientador **Prof. Dr. José Eduardo Corá**, pelo apoio, liberdade de ação na condução dos trabalhos, sugestões, amizade, confiança e convivência.
- À **Fundação AGRISUS** pelo apoio financeiro ao projeto e por acreditar na contribuição dos resultados para uma agricultura sustentável.
- Ao amigo e conselheiro **Prof. Dr. Marcos Gervásio Pereira**, que deixou de lado suas ocupações para me auxiliar em vários momentos do trabalho, cedeu sua casa, seu tempo e seus conhecimentos, sou-lhe muito grato.
- Ao amigo **Prof. Dr. José Luiz Rodrigues Torres**, parceiro inseparável, estimulador deste trabalho com o qual formamos uma linha de pesquisa, em que estamos colhendo bons frutos.
- Aos Coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, **Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazzeta** e em especial ao **Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves** pela atenção e compreensão nos momentos em que precisei.
- Ao amigo e conselheiro **Prof. Dr. João Antonio Galbiatti** pela presteza, consideração e conselhos.
- Aos **Profs. Drs. Carolina Fernandes, Edson Luiz Mendes Coutinho, Marcílio Martins Vieira filho e José Luiz Rodrigues Torres**, pela participação na banca de tese e sugestões de melhoria.
- À **Profª. Drª Célia Regina Paes Bueno** pelas contribuições no exame de qualificação.
- Aos pesquisadores da EPAMIG **Roberto K. Zito e José Mauro Valente** pelo apoio técnico e operacional.
- À “Sementes Adriana” e “Wolfseed Sementes” pela doação das sementes de milho, braquiária e crotalária.
- À aluna bolsista do Curso Superior de Tecnologia em Irrigação e Drenagem do IF Triângulo Mineiro, campus Uberaba, **Jussiane Carneiro de Paula** pelo apoio operacional e inestimável confiança.
- Ao doutorando da UFRRJ **Arcângelo Loos**, minha eterna gratidão.

- Aos amigos do IF Triângulo Mineiro, campus Uberaba, **Humberto Góis Candido, Renato do Valle Jr., Olegário Pinheiro, Antonio Carlos Barreto, Othon Carlos da Cruz e Márcio Santana**. Aos servidores: Técnico Agrícola **Paulo Aveiro**, ao Operador de Máquinas Agrícolas **Luiz César de Oliveira** e demais servidores que colaboraram neste trabalho.
- Aos colegas **Renata Soares Serafim, Marco Antonio Simões Borges e Marta Aparecida G. Santos** da FAZU pelo inestimável apoio operacional.
- À **Direção Geral** do IF Triângulo Mineiro, campus Uberaba, pela minha liberação parcial para cursar as disciplinas.
- À Professora **Néria Maria de Assis Silva** do IF Triângulo Mineiro, campus Uberaba pela correção ortográfica.
- Aos Funcionários do Departamento de Solos da UNESP- Jaboticabal: **Célia Regina Francisco Muniz, Maria Inês Bueno, Afonso Domingos da Silva**. Obrigado pela amizade e pela ajuda em todos os momentos.
- Aos colegas do curso de Pós Graduação: **Humberto Góis Candido, Renato Farias do Valle Júnior, Norton H. Rego, Débora Sabonaro, Onã da Silva Freddi, Gleibson, Jorge Wilson Cortez, Danilo César Checchio Grotta**, entre outros.
- Aos parceiros da última hora, **Adolfo Valente Marcelo, Márcio dos Reis Martins, Ricardo Falqueto Jorge e José Beraldo** que muito me auxiliaram nos momentos finais.
- Aos professores da Unesp, **José Marques Júnior, Marcílio Vieira Martins Filho, Tereza Cristina Tarlé Pissara, Gener Pereira, Carlos Eduardo Angeli Furlani, José Carlos Barbosa**, dentre outros, pelo convívio, ensinamentos e pela troca de informações.
- A toda equipe da biblioteca e da seção de Pós-Graduação da FCAV/UNESP pela qualidade do atendimento, sempre atentos às necessidades.
- A todos aqueles que, cada qual a sua maneira e importância, contribuíram de forma direta ou indireta para que o projeto deste trabalho se tornasse realidade.

OBRIGADO.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 – Sistemas de cultivo e produção de resíduos vegetais.....	3
2.2 – Decomposição de resíduos vegetais.....	7
2.3 – Porcentagem de cobertura do solo	9
2.4 – Plantas de cobertura: acúmulo e liberação de nutrientes.....	11
2.5 – Influência dos resíduos vegetais nos atributos do solo	14
2.6 – Efeito das coberturas do solo sobre a produtividade de milho e soja.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1- Delineamento experimental e tratamentos	19
3.2 - Avaliações	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 - Produção de massa seca das coberturas do solo	27
4.2 - Decomposição dos resíduos vegetais das coberturas do solo	31
4.3 - Porcentagem de cobertura do solo promovida pelos resíduos vegetais.	34
4.4 - Acúmulo e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais	37
4.5 - Atributos químicos do solo	42
4.6 - Atributos físicos do solo: densidade, porosidade e agregação	52
4.7 - Produção das culturas de verão.....	57
4.7.1 – Estado nutricional do milho e da soja.....	57
4.7.2 - Produtividade de milho e da soja	59
5. CONCLUSÕES	63
6. REFERÊNCIAS	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema do bloco experimental. Disposição das parcelas pelo cruzamento das faixas constituídas pelas seqüências de culturas de verão e os manejos de inverno	20
Figura 2. Precipitação pluvial mensal e temperatura média nos anos de 2005 a 2007	22

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Atributos químicos do solo, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidades, anterior à instalação do experimento.....	21
Tabela 2. Produção de massa seca (MS), relação C/N, teores de lignina (Lig) e celulose (Cel) das coberturas do solo após milho ou soja em 2005.....	27
Tabela 3. Desdobramento da interação entre as coberturas do solo x cultura de verão no teor de lignina das coberturas do solo após soja ou milho.....	31
Tabela 4. Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da massa seca dos resíduos vegetais das coberturas do solo, nos anos agrícolas de 2005 e 2006 sobre a cultura de milho e de soja	32
Tabela 5. Valores de coeficiente de correlação de Pearson entre massa seca remanescente de resíduos vegetais e precipitação, no período avaliado em 2005/06 e 2006/07, sobre a cultura de milho e soja.....	34
Tabela 6. Porcentagem de cobertura do solo proporcionado pelos resíduos vegetais das coberturas do solo, sobre os resíduos de milho e soja, no período de julho a dezembro de 2005 e 2006.....	36
Tabela 7. Nutrientes acumulados nas culturas de cobertura do solo, após milho ou soja em 2005 e 2006.....	36
Tabela 8. Desdobramento da interação entre as coberturas do solo x cultura de verão nos valores de macronutrientes acumulados (kg ha^{-1}) em 2005 e 2006	39
Tabela 9. Constante de liberação de nutrientes (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) de macronutrientes contidos nos resíduos vegetais das coberturas do solo, no ano agrícola 2006.....	40

Tabela 10. Constante de liberação de nutrientes (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) de macronutrientes contidos nos resíduos vegetais das coberturas do solo, no ano agrícola 2006	41
Tabela 11. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 0,0-2,5 cm de profundidade, em outubro de 2005, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão	43
Tabela 12. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 2,5-5,0 cm de profundidade, em outubro de 2005, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão	45
Tabela 13. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 5,0-10 cm de profundidade, em outubro de 2005, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão	46
Tabela 14. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 0,0-2,5 cm de profundidade, em outubro de 2006, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão	48
Tabela 15. Desdobramento da interação entre as coberturas do solo x cultura de verão sobre os atributos químicos do solo (Ca, Mg e CTC - mmol _c dm ⁻³ ; V%) avaliados na camada 0,0-2,5 cm em 2006	50
Tabela 16. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 2,5-5,0 cm de profundidade, em outubro de 2006, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão	51
Tabela 17. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 5,0-10 cm de profundidade, em outubro de 2006, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão	52
Tabela 18. Atributos físicos do solo avaliados nas camadas 0,0-5,0 e 5,0-10,0 cm de profundidade após soja ou milho em 2004 e 2006	53
Tabela 19. Estabilidade de agregados em água, avaliada nas camadas de 0,0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-10,0 cm de profundidade após soja ou milho em 2004 e 2006	55

Tabela 20. Teores foliares dos macronutrientes (g kg^{-1}) na cultura do milho amostradas em janeiro de 2006 e de 2007	58
Tabela 21. Teores foliares dos macronutrientes (g kg^{-1}) na cultura da soja amostradas em janeiro de 2006 e de 2007	59
Tabela 22. Produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g), sobre coberturas do solo	60
Tabela 23. Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g), sobre coberturas do solo	61

PLANTAS DE COBERTURA: EFEITO NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA EM ROTAÇÃO

RESUMO: A produção de massa seca (MS) para cobertura do solo é dificultada devido às condições climáticas na região de Uberaba. O objetivo do presente estudo foi avaliar a produção de massa seca, decomposição e liberação dos nutrientes dos resíduos vegetais de plantas de coberturas do solo e seus efeitos sobre os atributos físicos e químicos do solo, no estado nutricional e na produtividade das culturas de milho e soja cultivadas em rotação. O delineamento foi em blocos casualizados, no esquema em faixas, com quatro repetições. Os tratamentos foram: quatro coberturas vegetais do solo (braquiária brizanta, crotalária juncea, milheto e pousio) e ausência de cobertura sobre soja e milho como culturas de verão. Avaliaram-se: produção, taxa de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura, produtividade do milho e soja e atributos químicos e estabilidade de agregados em água nas camadas 0,0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-10 cm e densidade do solo nas camadas de 0,0-5,0 e 5,0-10 cm. Resíduos das plantas de coberturas com menores teores de lignina e celulose apresentaram maiores taxa de decomposição, independentemente da relação C/N. As condições climáticas após o manejo das plantas de cobertura influenciaram a taxa de decomposição e a liberação dos nutrientes dos resíduos. O uso de plantas de cobertura do solo proporcionou o aumento dos teores de matéria orgânica do solo na camada de 0,0-2,5 cm e da estabilidade dos agregados em água na camada de 0,0-10,0 cm do solo. As plantas de cobertura não influenciaram no estado nutricional e na produtividade de milho e soja em rotação.

Palavras-chave: taxa de decomposição, ciclagem de nutrientes, milheto, crotalária, braquiária, plantio direto

COVER CROPS: EFFECTS IN THE SOIL ATTRIBUTES AND IN THE PRODUCTIVITY OF CORN AND SOYBEAN IN ROTATION SCHEMES

SUMMARY: The production of dry mass (DM) for soil covering is made more difficult in the region of Uberaba, due to the climatic conditions. The purpose of this study was to evaluate the production of dry mass, decomposition and nutrient liberation of the vegetal residues from the cover crops, as well as their effects on the physical and chemical attributes of the soil, on the nutritional state and on productivity of corn and soybean plantations cultivated in rotation scheme. Delineation was in random blocks, in strips, with four repetitions. The treatments were: four cover crops (brachiaria, sunnhemp, millet and fallow land) and absence of ground cover over soybean and corn as summer cultures. The following points were assessed: production, decomposition rate and liberation of nutrients from the residues of the cover crops, corn and soybean productivity and chemical attributes and stability of aggregates in the water at layers 0.0-2.5; 2.5-5.0 and 5.0-10.0 cm and soil density at layers of 0.0-5.0 and 5.0-10.0 cm. Residues from the cover plants with less content of lignin and cellulose, showed a higher rate of decomposition, independent of the C/N relation. Climatic conditions after handling of the cover plants influenced in the decomposition rate and liberation of nutrients from the residues. The use of ground cover plants allowed for a rise in the contents of organic material of the soil at layer 0.0-2.5 cm and of the stability of the water aggregates at layer 0.0-10.0 cm of soil. The cover crops did not influence in the nutritional state and productivity of corn and soybean in rotation schemes.

Key words: decomposition rate, nutrient cycling, millet, crotalaria, brachiaria, no-tillage

1 - INTRODUÇÃO

O sistema de preparo convencional (SPC) pode promover a deterioração dos solos tropicais quando realizado com teor de umidade inadequado, pois o revolvimento provocado pelas sucessivas mobilizações pode propiciar o rompimento dos agregados, a compactação e a decomposição da matéria orgânica incorporada. Com a ausência de cobertura vegetal aumenta a exposição do solo aos impactos diretos das gotas de chuva, facilitando a erosão hídrica e eólica, principalmente quando não se utilizam práticas conservacionistas associadas como o preparo do solo e semeadura em nível ou terraceamento. Por outro lado, o sistema de semeadura direta (SSD) preconiza a manutenção do solo coberto por resíduos vegetais de culturas anteriores, o revolvimento do solo somente no local da semeadura e a rotação de culturas. A eficácia deste sistema está relacionada com a qualidade e quantidade de resíduos vegetais produzidos, a percentagem de cobertura e a persistência destes resíduos na superfície do solo, principalmente no início do período chuvoso quando as culturas de verão ainda não cobriram todo o solo e este fica exposto às chuvas.

Além disso, a manutenção destes resíduos sobre o solo e sua posterior decomposição é uma variável importante na ciclagem de nutrientes e o conhecimento da sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo, podendo resultar em maior eficiência na utilização dos nutrientes pelas culturas subseqüentes.

No Brasil, as primeiras iniciativas de implantação do SSD ocorreram na região Sul, no início da década de 70, com o objetivo de minimizar os efeitos da erosão do solo. Em consequência, a maioria dos estudos que sustenta a eficiência do sistema foi conduzida na região Sul do País, onde normalmente não há estação seca definida e ocorre distribuição de chuvas durante todo o ano, temperaturas amenas que possibilitam o fácil estabelecimento das coberturas vegetais e a decomposição mais lenta de seus resíduos.

O SSD constitui-se em importante opção para manter a sustentabilidade ambiental. Verifica-se, contudo, a necessidade de mais estudos em outras regiões,

principalmente no bioma cerrado onde as informações obtidas pela pesquisa neste ambiente ainda são insuficientes. Este bioma, devido a sua grande extensão territorial apresenta diversidade na distribuição de chuvas e variação de temperatura, com inverno seco e quente. Com isso, a utilização de resultados gerados em condições diferentes pode conduzir a insucesso quando da implantação e manejo deste sistema. Mesmo assim, o SSD vem ocupando cada vez mais áreas que antes eram cultivadas com revolvimento do solo com arados ou grades ou em áreas de pastagens degradadas no cerrado brasileiro, necessitando ser estudado e adaptado às condições específicas de cada ambiente.

Na região de Uberaba-MG, tem-se observado dificuldade em obter quantidades adequadas de resíduos vegetais das coberturas do solo, semeadas após a colheita das culturas de verão (março/abril) e nem sempre é possível cultivá-las no período inverno/primavera (maio-outubro), devido à escassez (maio/julho) e a irregularidade das chuvas (agosto/outubro) que ocorrem neste período. Por outro lado, ocorre uma rápida decomposição do resíduo vegetal depositado sobre o solo, devido a elevadas precipitações (novembro/março), a maior temperatura no início do período chuvoso e ao tipo de manejo dado às coberturas do solo. Quando a área é deixada em pousio, surge a vegetação espontânea a partir de bancos de sementes naturais, que são espécies mais adaptadas às condições adversas de clima e solo, e, em alguns casos, proporcionam cobertura do solo muitas vezes superiores às plantas cultivadas, não deixando o solo exposto no período de entressafra. Entretanto, este tipo de cobertura do solo requer maiores custos com herbicidas para o controle devido a diversidade de espécies que podem apresentar seleção e mostrarem-se resistentes a determinados grupos de herbicidas.

Tal estudo se justifica pela necessidade de avaliar as opções de plantas de cobertura para rotações, as vantagens e desvantagens de uma planta sobre outra, a qualidade e quantidade dos resíduos vegetais produzidos, as taxas de decomposição, tempo de persistência e % de cobertura do solo. Importante, também, determinar o acúmulo e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais ao longo do tempo, bem como

seus efeitos sobre os atributos físicos e químicos do solo e na produtividade das culturas de soja e milho.

A hipótese do presente trabalho é que as plantas de coberturas do solo, sob condições de clima tropical com inverno quente e seco, produzem massa seca em quantidade e qualidade diferentes que ao se decomporem alteram os atributos físicos e químicos do solo e, conseqüentemente a produtividade de milho e soja.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a produção de massa seca, decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes das coberturas do solo e seus efeitos sobre os atributos físicos e químicos do solo e na produtividade das culturas de milho e soja cultivadas em rotação.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Sistemas de cultivo e produção de resíduos vegetais

Desde épocas remotas quando o homem se tornou agricultor e começou a adotar métodos de preparo do solo, a mudança do ecossistema natural para agroecossistema provocou alterações profundas nos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos (OADES, 1984).

A adoção do sistema de preparo convencional (SPC) nas várias regiões do país teve como objetivo principal a eliminação das plantas daninhas, a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, possibilitando manter ou até melhorar o seu potencial produtivo. Por outro lado, o intenso revolvimento do solo para implantação das culturas, coincide geralmente com elevadas precipitações e aumenta a possibilidade de ocorrência de processos erosivos, tanto os causados pela água da chuva, como a erosão eólica em locais de ventos fortes (VOLK et al., 2004).

Diante deste contexto e com a necessidade de resolver os problemas causados às áreas agrícolas pelo SPC, o sistema de semeadura direta (SSD) foi introduzido na região Sul do Brasil, no início da década de 70, como um manejo conservacionista dos

solos cultivados, que controlava os processos erosivos e adaptava-se bem ao clima regional, permitindo o cultivo de espécies de outono/inverno, mantendo o solo com cobertura vegetal.

No SSD é preconizada a semeadura direta sobre os resíduos vegetais de culturas anteriores, com o mínimo de revolvimento no solo, com o objetivo de mantê-lo com a máxima cobertura possível durante todo o ano. Este sistema tem como princípio básico a utilização de coberturas vegetais em sucessão ou consorciadas e na manutenção dos seus resíduos vegetais sobre a superfície do solo, em rotação de culturas, permitindo maior diversidade biológica. A eficácia desse sistema está relacionada com a quantidade e qualidade dos resíduos vegetais produzidos pelas plantas de cobertura e pelas culturas de verão (SATURNINO & LANDERS, 1997).

Estima-se que o SSD vem sendo utilizado em aproximadamente 88 milhões de hectares em todo o mundo. Aproximadamente 44% da área cultivada na América Latina (Brasil, Argentina, Paraguai, Bolívia, Venezuela, Uruguai e Colômbia), 42% nos Estados Unidos e Canadá, 10% na Austrália e perto de 4% no resto do mundo utilizam este sistema (DERPSCH & BENITES, 2004).

No Brasil o SSD representa cerca de 50% da área cultivada com culturas produtoras de grãos ocupando uma área de 25,5 milhões de hectares na safra 2005/2006 (FEBRAPDP, 2007), de um total de 46,7 milhões cultivados com culturas anuais (CONAB, 2008). Deste total, mais de 20 milhões de hectares são cultivados na região dos cerrados (CAIRES et al., 2006).

O desempenho dos sistemas conservacionistas, especialmente o SSD, depende em grande parte da massa de resíduo vegetal deixada sobre o solo, da sua taxa de decomposição e da percentagem de cobertura do solo promovido por este material vegetal. Mesmo que em pequena quantidade os resíduos podem reduzir substancialmente a erosão hídrica em relação ao solo descoberto (BERTOL et al., 1998). Por outro lado, se a quantidade de resíduos for excessiva pode afetar negativamente a produção das culturas subseqüentes, dificultando a emergência das plantas devido ao impedimento físico. Pode também acarretar maior necessidade de adubo nitrogenado para as plantas subseqüentes, especialmente se não for adotado

um adequado sistema de rotação de culturas com sistemas radiculares diferentes que possam alternar as extrações de nutrientes (BOER et al., 2007).

As plantas utilizadas para cobertura do solo devem possuir características como: capacidade de produção de grande quantidade de matéria seca, elevada taxa de crescimento, resistência à seca e ao frio, não apresentar problemas de infestação às áreas agrícolas, facilidade de manejo, possuir sistema radicular vigoroso e profundo para melhor reciclar os nutrientes e elevada relação C/N (EMBRAPA, 1996).

Para a região Sul do Brasil, SÁ (1995) e DAROLT (1998) estimaram um aporte anual de 6 Mg ha⁻¹ de massa seca de resíduo vegetal para recompor a oxidação da matéria orgânica do solo. No cerrado brasileiro, que ocupa regiões de clima tipicamente tropical, torna-se necessário maior aporte de massa de resíduo vegetal devido à elevada taxa de decomposição dos resíduos vegetais depositados na superfície (SÁ, 1993). Para esta região, SEGUY & BOUZINAC (1995) sugeriram a necessidade de atingir com o programa de rotação de culturas, a produção de 11 a 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal por ano.

Alguns estudos conduzidos no cerrado com tipos de coberturas vegetais, principalmente com gramíneas e leguminosas, têm demonstrado existir grande variabilidade de resultados.

SEGUY & BOUZINAC (1995) estudaram o SSD no Norte do Mato Grosso, utilizando gramíneas e leguminosas em rotação de cultura. Evidenciaram que o milheto produziu entre 3,3 a 10,0 Mg ha⁻¹ de massa seca, sendo esta variação atribuída a diferenças da fertilidade do solo. Segundo os autores, o milheto semeado tanto no início da estação chuvosa (setembro), como em sucessão à cultura de verão (abril-maio), suprimiu as plantas invasoras e foi eficiente como reciclador de nutrientes por possuir um enraizamento profundo (1,4–1,5 m).

SILVA et al. (2003) semearam, em Selvíria-MS, diversas culturas de cobertura em dezembro e constataram que a crotalária juncea produziu mais massa seca que milheto, arroz, soja, milho e mucuna, além de promover maior cobertura do solo 14 dias após o manejo realizado com triturador tratorizado, antecedendo a semeadura do feijão de inverno

Em outro estudo conduzido em Selvíria-MS, com plantas de cobertura semeadas em outubro, em sucessão ao feijoeiro de inverno, o milheto produziu acima de 7,3 Mg ha⁻¹ de massa seca de resíduo vegetal, diferindo da crotalária que produziu 3,5 Mg ha⁻¹, pousio com 4,1 Mg ha⁻¹, mucuna com 3,4 Mg ha⁻¹ e guandu com 2,1 Mg ha⁻¹ que não diferiram estatisticamente em função do sistema de manejo do solo (SSD ou SPC) (CARVALHO et al., 2004a).

Quando semeada na região do Brasil Central em solo sob cerrado (Brasília-DF), em abril, a crotalária produziu maior quantidade de massa seca de resíduo vegetal que milheto, guandu, aveia-preta e pousio (SODRÉ FILHO et al., 2004).

As braquiárias são amplamente adaptadas e disseminadas nas áreas de cerrados, ocupando 85% da área com pastagens (ROOS, 2000). A produção de massa seca desta gramínea varia em função da espécie, do manejo, dos consórcios e das culturas antecessoras. Quando semeada em início de dezembro em Goiânia-GO, em cultivo solteiro, PORTES et al. (2000) obtiveram produção de 19,6 Mg ha⁻¹ de massa seca aos 117 dias. Porém nas parcelas em consórcio com arroz, sorgo e milho, no mesmo estudo, obtiveram massa seca em torno de 3,0 Mg ha⁻¹. Apesar deste decréscimo da massa da braquiária, as culturas em consórcio também produzem resíduos que, somados aos da braquiária, possibilitam a utilização no sistema de consórcio ou em rotação com as culturas de verão.

Após a colheita das culturas de verão, quando a área é deixada em pousio, a composição, quantidade e qualidade dos resíduos vegetais se tornam muito variável e dependente do momento avaliado (MESCHEDE et al., 2007), além do manejo efetuado nas plantas daninhas da cultura de verão (IKEDA et al., 2007). Quando na composição do pousio predominam braquiárias e colonião, a massa seca pode ser superior a 5,8 Mg ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2004b). Entretanto, se o controle das plantas daninhas no verão for adequado, a massa da cobertura vegetal pode ser inferior a 3 Mg ha⁻¹ (MESCHEDE et al., 2007).

Em várias regiões do Brasil, principalmente sob o Bioma Cerrado, observam-se algumas dificuldades na produção de resíduos vegetais que sejam suficientes para proporcionar cobertura do solo, em quantidade e qualidade adequada. Isto ocorre, pois

nem sempre é possível cultivar plantas de cobertura no período compreendido entre abril e setembro, devido a pouca ou nenhuma ocorrência de chuvas. Além disso, o manejo dado aos resíduos das culturas cultivadas no inverno com uso de roçadoras ou herbicidas precisa ser mais bem ajustado para permitir maior cobertura do solo (KLIEMANN et al., 2006; NUNES et al., 2006).

2.2 – Decomposição de resíduos vegetais

Segundo HOLTZ & SÁ (1996), os resíduos vegetais são formados por componentes básicos de C, N, P, K e S, sendo o C o elemento predominante com teores de até 60%, o N varia de 0,13 a 15%, o P, K e S chegam ao máximo de 1%.

Estudos têm mostrado que o processo de decomposição dos resíduos vegetais é controlado pelas características qualitativas do material, principalmente pela porcentagem de N, C, lignina e de polifenóis (HEAL et al., 1997), pela relação C/N (ROMAN & VELLOSO, 1993), lignina/N e polifenóis/N (FOX et al., 1990) e influenciado pelas condições climáticas, principalmente temperatura do ar e precipitação (ESPÍNDOLA et al., 2006; CARNEIRO et al., 2008). Entretanto, os parâmetros mais utilizados em estudos sobre decomposição dos resíduos vegetais são os teores de carbono, nitrogênio e fósforo, assim como a relação C/N e C/P (MELLILO et al., 1982).

Geralmente a relação C/N das gramíneas na época de pleno florescimento está ao redor de 40:1, enquanto que nas leguminosas na faixa de 20:1 (MONEGAT, 1991). SÁ (1993) destaca que a relação C/N das culturas em uma rotação influi na taxa de mineralização dos resíduos orgânicos, na mobilização e na ciclagem de nutrientes no solo. A decomposição é inversamente proporcional ao teor de lignina e relação C/N, pois quanto maior este teor mais lento será a decomposição dos resíduos depositados na superfície. Assim, resíduos com relação C/N maiores que 25 formam coberturas mais estáveis no solo, enquanto que os menores que 25 decompõem-se mais rapidamente (SÁ, 1995).

Entretanto, alguns autores têm sugerido níveis críticos, principalmente de relação C/N por volta de 30 a 40: 1 (VIGEL e KISSEL, 1988) e entre 15 a 25:1 (ENWESOR, 1976), que separa o predomínio da mineralização ou da imobilização, durante a decomposição.

A taxa de decomposição dos resíduos vegetais nos cerrados (região tropical) pode ser até 10 vezes maior do que em regiões de clima temperado (LAL & LOGAN, 1995). Por isso é importante selecionar plantas de cobertura do solo que alcancem elevada produção de massa seca e com maior tempo de meia-vida, que é o tempo necessário para que metade da massa inicial de resíduos seja decomposta o que proporciona elevada porcentagem de cobertura do solo.

TIAN et al. (1993) classificam os resíduos vegetais para fins de ciclagem de nutrientes em três tipos: 1) os de alta qualidade que apresentam baixa relação C/N e baixos teores de lignina, como as leguminosas, que proporcionam um efeito mais direto na produtividade das culturas, pois se decompõem mais rapidamente, resultando em baixa porcentagem de cobertura do solo; 2) os de qualidade intermediária que são aqueles que promovem uma proteção do solo por um período mais longo; 3) e os de baixa qualidade que apresentam alta relação C/N e altos teores de lignina, como as gramíneas, que permanecem por mais tempo na superfície do solo.

Contudo, quando o objetivo é proporcionar proteção ao solo pela manutenção da cobertura vegetal (resíduos), a classificação se inverte, considerando-se os de alta qualidade aqueles com alta relação C/N e altos teores de lignina.

O clima, por meio da umidade e temperatura, é o principal fator externo que controla a atividade dos organismos decompositores, bem como pelo manejo que define o tamanho dos fragmentos vegetais e o contato destes com o solo (MOORE, 1986).

Segundo BORTOLUZZI & ELTZ (2000), os manejos que trituram o resíduo vegetal ou forçam maior contato resíduo vegetal-solo, facilitam a atuação dos microorganismos do solo, acelerando o processo de decomposição, diminuindo a cobertura do solo mais acentuadamente.

AMADO et al. (2003) em uma avaliação da decomposição de aveia preta adubada com sete doses de N (0 a 240 kg ha⁻¹), verificaram que embora a adubação nitrogenada tenha reduzido a relação C/N do resíduo vegetal de 50:1 para 26:1, não houve diferença estatística na taxa de decomposição dos resíduos da aveia.

Para avaliar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais há várias metodologias testadas, porém a maioria delas está baseada na incubação do material vegetal sobre o solo, em laboratório ou no campo (SCHUNKE, 1998). Esta taxa também pode ser estimada através da perda de massa pela liberação de CO₂ e com o uso de carbono ou nitrogênio marcado.

Vários estudos vêm sendo divulgados na literatura sobre avaliação da taxa de decomposição por meio do acondicionamento dos resíduos vegetais em sacolas de nylon, com malha de 2 mm de diâmetro. A partir deste acondicionamento avalia-se a perda de massa, coletando-se as sacolas em intervalos ao longo de um período pré-determinado, determinando-se a massa de resíduos vegetais remanescentes, normalmente expressando os resultados em porcentagem da massa inicial (SCHUNKE, 1998).

TORRES et al. (2008) em estudos conduzidos na região de Uberaba, MG, mostraram que a maior decomposição dos resíduos vegetais ocorre até os 42 dias após o manejo das plantas de coberturas do solo. Nos dois anos estudados, tanto a partir de novembro como a partir de julho, a braquiária foi a cobertura que apresentou a maior taxa de decomposição, quando comparada ao milheto, sorgo forrageiro, crotalária, guandu e aveia preta, quando as plantas foram dessecadas com herbicida aos 110 dias após a semeadura.

2.3 – Porcentagem de cobertura do solo

A porcentagem de cobertura é um fator importante para a proteção física do solo contra o impacto direto das gotas de chuva e varia em função das culturas utilizadas, da época e forma de manejo das plantas.

Na região Sul do Brasil, BORTOLUZZI & ELTZ (2000) avaliaram o efeito do manejo dos resíduos vegetais de aveia preta num período de 53 dias. Observaram que ocorreu a redução da cobertura do solo em 20%, quando a planta de cobertura permaneceu em pé e de 74% quando esta foi manejada com grade.

Estudando a persistência dos resíduos vegetais de aveia e milho sobre a superfície do solo em Lages-SC e Lebon Regis-SC, BERTOL et al. (1998) observaram que após um período de 80 dias, o resíduo de aveia apresentou diminuição de 60% na cobertura do solo, em ambos os locais estudados. O resíduo de milho teve a cobertura do solo diminuída em 40%, em ambos os locais, após o período de 225 dias. As taxas de decomposição dos resíduos culturais de aveia e milho foram, respectivamente, 100% e 90% maiores nos primeiros 45 dias do que no restante do período experimental, na média, nos dois locais estudados.

Em Planaltina-DF, SODRÉ FILHO et al. (2004) avaliaram a porcentagem de cobertura do solo dos resíduos vegetais de milheto e crotalária, semeadas em abril e manejadas com roçadora após 67 e 95 dias respectivamente, quando apresentavam 50% de florescimento. Os autores constataram que 30 dias após o manejo (DAM) os resíduos de milheto plantas cobriam o solo em 83% e os de crotalária em 87%. Aos 90 DAM, a porcentagem caiu para 31% com o milheto e 50% com a crotalária. CAZZETA et al. (2005) em estudo semelhante em Jaboticabal-SP, sob condições climáticas e de solo diferentes, observaram que 60 dias após a semeadura do milho os resíduos vegetais de milheto e crotalária mantinham o solo com cobertura em 83% e 92%, respectivamente.

FARINELLI et al. (2004), em Botucatu-SP, avaliaram a porcentagem de cobertura do solo com milheto semeado em abril, maio e junho. Os autores observaram a cobertura do solo antes do manejo final variando de 80 a 90%. Ainda em Botucatu-SP, BERTOLINI et al. (2006) avaliaram a porcentagem de cobertura do solo proporcionada pela nabiça (*Raphanus raphanistrum* L) em semeadura direta de milho e em preparo reduzido com escarificação. Os autores observaram que antes do manejo e semeadura, o solo apresentava cobertura média de 95 %, não ocorrendo diferenças significativas entre os manejos. Após a semeadura direta, a porcentagem de cobertura do solo teve

uma redução de 94,6% para 92,8%, enquanto que nas parcelas com escarificação, a cobertura do solo foi reduzida de 93,3% para 47,2%.

No Nordeste do Pará, SOARES (2006) manejou com roçadora as culturas de braquiária, milho e crotalaria em pleno florescimento. Verificou que logo após o corte os resíduos cobriam 100%, 75% e 85% do solo, respectivamente. Após 21 dias a cobertura proporcionada pela crotalaria já havia sido reduzida para 30%, enquanto que braquiária e o milho mantinham o solo com 99% e 62% de cobertura, respectivamente. Após 84 dias do corte a braquiária ainda cobria 97% do solo, o milho 50% e a crotalaria apenas 15%. O autor atribuiu a rápida decomposição da crotalaria aos menores valores da relação C/N e do teor de lignina quando comparados aos valores da braquiária e o milho.

2.4 – Plantas de cobertura: acúmulo e liberação de nutrientes

A maior parte dos nutrientes das plantas encontra-se nos resíduos vegetais exercendo função estrutural ou como substância de reserva. Parte do estoque de nutrientes torna-se disponível para as plantas em um intervalo curto de tempo, contribuindo com a elevação da produtividade das culturas subsequentes (SOUZA & MELO, 2000).

A ciclagem biológica dos nutrientes por meio dos resíduos vegetais é um mecanismo que resulta na conservação de nutrientes no sistema agrícola, permitindo a sobrevivência e a produção de grande quantidade de biomassa mesmo em ambientes com solos relativamente pobres. Com o sistema de semeadura direta ocorre um mínimo de movimentação do solo, tendendo a conservação destes nutrientes. Este é o sistema que mais se aproxima de um ecossistema natural.

A utilização de plantas de cobertura associadas à rotação das culturas anuais é uma das alternativas para o manejo sustentável dos solos (DAROLT, 1998). A decomposição dos resíduos culturais destas plantas favorece a ciclagem de nutrientes, a agregação, o armazenamento da água, manutenção ou incremento dos teores de

matéria orgânica do solo quando comparados aos monocultivos anuais, com isso promovem efeitos positivos na fertilidade do solo (BOER et al., 2007).

Alguns estudos têm mostrado que as épocas do ano e do manejo das coberturas vegetais, associados à variação climática da região interferem diretamente na velocidade de decomposição dos resíduos vegetais (TORRES et al. 2005; ESPÍNDOLA et al., 2006). SUZUKI & ALVES (2006) destacaram que a semeadura de culturas de cobertura no início da primavera, antes da cultura principal, no início do período das chuvas, além de aumentar a produção de massa seca ainda fornece nutrientes para as culturas de verão.

Na região do triângulo mineiro, LARA CABEZAS et al. (2004) em um Latossolo Vermelho ácrico típico, textura argilosa, obtiveram a produção de 5,3 Mg ha⁻¹ de resíduos vegetais de milho, com acúmulo e liberação de 130,7 kg ha⁻¹ de N 90 dias após o manejo com rolo-faca. Na mesma região, TORRES et al. (2008) semeando milho em um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura franco-argilo-arenosa, no início das chuvas (agosto/setembro), obtiveram acúmulos da ordem de 165 kg ha⁻¹ de N, 23 kg ha⁻¹ de P e 219 kg ha⁻¹ de K. Para a braquiária observaram 131 kg ha⁻¹ de N e 13 kg ha⁻¹ de P, enquanto a crotalária acumulou 118 kg ha⁻¹ de N, 11 kg ha⁻¹ de P e 215 kg ha⁻¹ de K. No segundo ciclo semeado em abril, estação seca, ocorreu redução na produção de massa seca e no acúmulo de macronutrientes. O milho acumulou 56 kg ha⁻¹ de N, 5 kg ha⁻¹ de P e 56 kg ha⁻¹ de K, a braquiária 42 kg ha⁻¹ de N, 2,5 kg ha⁻¹ de P e 46 kg ha⁻¹ de K e a crotalária 76 kg ha⁻¹ de N, 4,0 kg ha⁻¹ de P e 46 kg ha⁻¹ de K.

Em Goiás, BRAZ et al. (2004) avaliaram o acúmulo de nutrientes em milho e braquiária semeados em um Latossolo Vermelho distrófico, textura franco-siltosa, em dezembro de 2001, sendo estas adubadas com 400 kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15. Os autores observaram que 55 dias após a emergência o milho acumulou 348 kg ha⁻¹ de N, 36 kg ha⁻¹ de P e 314 kg ha⁻¹ de K em uma massa seca de 12,5 Mg ha⁻¹. Na braquiária as acumulações máximas desses nutrientes, de acordo com as equações empregadas pelos autores, só ocorreriam aos 121 dias após a germinação, entretanto o estudo foi avaliado somente até os 107 dias.

CAZZETA et al. (2005) semearam milho e crotalaria em setembro, em um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa em Jaboticabal-SP e dessecaram após 60 dias da emergência. Verificaram que o milho acumulou 265 kg ha⁻¹ de N, 32 kg ha⁻¹ de P e 156 kg ha⁻¹ de K, enquanto a crotalaria acumulou 137 kg ha⁻¹ de N, 11 kg ha⁻¹ de P e 62 kg ha⁻¹ de K. Segundo os autores, estas quantidades foram diretamente influenciadas pelos altos rendimentos de massa seca obtidos, pois, a crotalaria produziu 5,3 Mg ha⁻¹ e o milho 10,78 Mg ha⁻¹.

No Pará, SOARES (2006) avaliou o acúmulo de nutrientes em braquiária, milho e crotalaria em pleno florescimento. A braquiária produziu 9,7 Mg ha⁻¹ de massa seca acumulando 111 kg ha⁻¹ de N, 21 kg ha⁻¹ de P e 305 kg ha⁻¹ de K. O milho produziu 4,0 Mg ha⁻¹ de massa seca e acumulou 46 kg ha⁻¹ de N, 12 kg ha⁻¹ de P e 96 kg ha⁻¹ de K, enquanto que a crotalaria produziu 5,0 Mg ha⁻¹ massa seca e acumulou 73 kg ha⁻¹ de N, 11 kg ha⁻¹ de P e 140 kg ha⁻¹ de K.

Embora trabalhos de pesquisa tais como os de SILVA et al. (1997), MORAES (2001), TORRES et al. (2005), KLIEMANN et al. (2006), BOER et al. (2007), TORRES et al. (2008), TORRES & PEREIRA (2008) tenham sido conduzidos, em condições de cerrado, com o objetivo de avaliar a produção de massa seca de plantas de cobertura, decomposição e ciclagem de nutrientes, os resultados encontrados são bastante variáveis. Isto se deve, principalmente, aos estudos ocorrerem com semeadura e manejo das plantas em diferentes épocas, as condições climáticas serem diferentes de acordo com a região, as plantas de cobertura ter desenvolvimento diferenciado de acordo com o clima, solo e qualidade das sementes. Em função disso, há necessidade de prosseguir com estudos sobre a produção de massa seca de plantas de cobertura, decomposição, acúmulo e ciclagem de nutrientes em ambiente de cerrado na região de Uberaba - MG.

2.5 – Influência dos resíduos vegetais nos atributos do solo

A expansão da fronteira agrícola nas regiões sob o Bioma Cerrado ocorreu com a retirada da mata nativa e, ainda, com a introdução de sistemas de manejo que utilizavam preparo intensivo com elevado potencial de degradação do solo, causando alterações em alguns atributos do solo após determinado tempo.

Em contraponto a esta situação, nas áreas onde foram implantados os sistemas conservacionistas, como o sistema de semeadura direta, que reduzem a movimentação do solo, tem-se observado a recuperação das características do solo, além da diminuição dos processos erosivos, os quais são considerados a principal causa da degradação dos solos agrícolas do mundo (COSTA et al., 2003).

O cultivo do solo altera alguns dos seus atributos. Estas alterações se mostram, em geral, na densidade do solo, no volume e na distribuição de poros, no aumento do volume de poros e da permeabilidade do solo, dentro da camada preparada convencionalmente, facilitando o armazenamento de ar e crescimento das raízes nesta camada, em relação à semeadura direta e campo nativo (BERTOL et al., 2001). Porém, abaixo da camada preparada, contrariamente ao que acontece na semeadura direta e no campo nativo, essas propriedades apresentam comportamento inverso ao da superfície (COSTA et al., 2003).

Os efeitos do manejo do solo sobre os seus atributos são decorrentes dos sistemas de culturas utilizados, do tempo de uso dos diferentes sistemas e das condições de umidade do solo em que as operações de campo são realizadas (COSTA et al., 2003).

Estudos como os de BERTOL et al. (1998), AITA et al. (2001), OLIVEIRA et al. (2004), TORRES et al. (2005), ESPÍNDOLA et al. (2006), BOER et al. (2007), GAMA-RODRIGUES et al. (2007) e TORRES et al. (2008) conduzidos em diferentes condições edafoclimáticas, têm demonstrado os efeitos benéficos proporcionados pelos diferentes tipos de cobertura e de seus resíduos deixados sobre o solo, nos seus atributos químicos, físicos e no rendimento das culturas que posteriormente são cultivadas. Estas

alterações são decorrentes da produção de massa seca, acúmulo e liberação de nutrientes após a decomposição dos resíduos.

Além disso, a rotação de culturas e a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo no SSD promovem aumento da atividade biológica (DE-POLLI & CHADA, 1989), aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) e os teores de matéria orgânica, P e K nas camadas superficiais do solo (BAYER & MIELNICZUK, 1997; CASTRO FILHO et al., 1998; SANTOS & TOMM, 2003), bem como melhora a disponibilidade de nutrientes (ELTZ et al. 1989), altera os valores de pH e diminui a saturação por Al (SIDIRAS & PAVAN, 1985).

O mínimo de movimentação do solo causado pelo SSD possibilita o melhor aproveitamento de adubos minerais diminuindo as perdas por lixiviação e volatilização (HERNANI et al., 1995), que irão repercutir na fertilidade do solo e na eficiência do uso de fertilizantes, que conseqüentemente poderá acarretar no aumento da produtividade das culturas cultivadas (LARA CABEZAS et al., 2004).

Os efeitos do SSD sobre os teores de carbono, nitrogênio ou de matéria orgânica do solo são observados principalmente na camada de 0-5 cm (MUZILLI, 1983; SIDIRAS & PAVAN, 1985), permanecendo restrita a esta profundidade ou chegando até 10 cm, mesmo após vários anos de implantação do SSD (BAYER & MIELNICZUK, 1997; BAYER et al., 2000; SOUZA & MELO, 2000; JANTALIA et al., 2003).

Após doze cultivos em Goiás, SILVEIRA & STONE (2001) observaram que os sistemas de preparo do solo arado/grade, arado de aiveca, grade, SSD e sistemas de rotação arroz-feijão, milho-feijão, soja-trigo, soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão, arroz consorciado com calopogônio-feijão e milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão, mantiveram os teores de matéria orgânica do solo semelhante aos do início dos estudos.

Em estudos conduzidos por ROTH et al. (1991), em Londrina-PR, o SSD resultou no aumento dos teores de carbono orgânico, pH, cálcio e CTC efetiva e redução dos teores de alumínio, quando comparados ao SPC e cultivo mínimo com escarificação. Neste estudo, os maiores teores observados de carbono orgânico ocorreram sob SSD, nas rotações de milho/pousio com a utilização de adubação nitrogenada em cobertura.

SANTOS et al. (1995) compararam o efeito do SSD e do SPC sobre a cultura de cevada em Passo Fundo-RS. Observaram que os teores de matéria orgânica, na camada de 0-5 cm, em SSD, foram superiores àqueles observados sob SPC. Em estudo conduzidos em Viçosa-MG, FALLEIRO et al. (2003) observaram que após 17 anos de cultivos de verão com feijão, milho, soja e trigo em sucessão, com pousio no inverno, houve incremento dos teores de matéria orgânica na camada de 0-5 cm, nos tratamentos onde não houve movimentação do solo.

Alguns estudos têm mostrado que a rotação de culturas e a manutenção de resíduos vegetais sobre a superfície do solo no SSD promovem a sua agregação, aumentando a resistência à erosão (SATURNINO & LANDERS, 1997; BERTOL et al. 1998), CASTRO FILHO et al., 1998, SILVA & MIENICZUCK, 1997a,b).

Comparando os efeitos de sistemas de preparo e da rotação de cultura em um Latossolo Vermelho em Goiás, STONE & SILVEIRA (2001) observaram que o não revolvimento do solo em SSD provocou aumentos na densidade do solo e diminuição da porosidade total e macroporosidade. Enquanto que em SPC ocorreu o inverso, mas com a formação de camada compactada abaixo da profundidade de atuação do implemento (pé de grade). CRUZ et al. (2003), avaliando atributos físicos e carbono orgânico, num Argissolo Vermelho em Pelotas-RS, numa condição climática e de solo diferentes, observaram alterações semelhantes para os atributos avaliados em Goiás. Os autores atribuíram os resultados ao não revolvimento e ao tráfego de máquinas sobre a superfície do solo no SSD.

Avaliando sistemas de preparo nas propriedades físicas do solo em Viçosa-MG, FALLEIRO et al. (2003) constataram que no SSD a densidade do solo foi superior aos tratamentos que revolveram o solo (arado e grade).

ELTZ et al. (1989) avaliaram os efeitos de preparo do solo em um Latossolo Bruno álico em Guarapuava-PR, durante sete anos e meio. Os tratamentos combinaram preparo convencional, escarificação e semeadura direta com a rotação soja-trigo-soja-cevada e um ano com ervilhaca e milho. Os autores verificaram que o SPC contínuo não promoveu alterações significativas nos atributos físicos: porosidade, estabilidade de agregados em água e densidade do solo e nem nos atributos químicos: P disponível, K,

Ca e Mg, enquanto que o uso continuado em SSD aumentou, significativamente, a estabilidade dos agregados na camada de 0-5 cm.

2.6 – Efeito das coberturas do solo sobre a produtividade de milho e soja

O cultivo de plantas de cobertura do solo em rotação de culturas com sistemas radiculares explorando diferentes volumes de solo proporciona reciclagem de nutrientes BOER et al. (2007). Com a decomposição dos resíduos vegetais destas coberturas são liberados nutrientes que contribuem para aumentos na produtividade do milho (LARA CABEZAS et al. 2004) e da soja (CARVALHO et al. 2004b) ou manterem as produtividades destas culturas (ANDRIOLI, 2004; BERTIN et al., 2005).

Alguns estudos de longa duração comparando SSD e SPC têm evidenciado o aumento do rendimento de grãos de milho sob SSD (HERNANI & SALTON, 1997; POSSAMAI et al., 2001). Entretanto outros autores destacam não terem ocorrido diferenças significativas na produção (KLUTHCOUSKI et al., 2000; PAULETTI et al., 2003), ou até obtiveram rendimentos inferiores aos obtidos em SPC (DE-POLLI & CHADA, 1989; CENTURION & DEMATTÊ, 1992; CARVALHO et al., 2004a).

ISMAIL et al. (1994) comparando SSD e SPC, após 20 anos de implantação, evidenciaram o maior rendimento de grãos de milho sob SPC nos primeiros 12 anos. A partir deste ponto, a situação se inverteu para os anos seguintes, onde o SSD passou a ter maior rendimento e atribuiu isto à elevação da matéria orgânica no solo.

Em estudo conduzidos em Guarapuava-PR, ELTZ et al. (1989) observaram que as produções médias de soja-trigo-cevada e milho cultivados em rotação por sete anos e meio produziram 22% a mais de grãos no SSD quando comparadas ao SPC contínuo.

Em experimentos sob SSD por oito anos em Goiás, utilizando a braquiária como cobertura do solo, KLUTHCOUSKI et al. (2000) verificaram que a rentabilidade da soja semeada sobre os resíduos culturais desta cobertura se estabilizou ao longo do período avaliado.

O cultivo das plantas de cobertura do solo pode influenciar de maneira diferenciada a produtividade das culturas de milho e soja. SÁ (1993) destaca que se gramíneas forem usadas como plantas de cobertura em sucessão com outra gramínea, e não for feita uma suplementação da fertilização nitrogenada, podem ocorrer prejuízos na produtividade de grãos. HEINRICHS et al. (2001), AITA et al. (2001) e CORÁ (2006) obtiveram maiores produtividades de milho quando cultivado em sucessão ou rotação com leguminosas.

Segundo CERETTA et al. (1994), as leguminosas, pela capacidade de fixação do N_2 atmosférico em simbiose com *Rhizobium* e a baixa relação C/N, permitem rápida decomposição e liberação de nutrientes para a cultura sucedânea. No tratamento em que a cultura antecessora foi a crotalária, a produtividade do milho foi 18% superior ao tratamento em pousio, embora a massa seca de resíduos vegetais das duas espécies de cobertura do solo tenha sido semelhante (CARVALHO et al., 2004a).

Em SSD em Jaboticabal-SP, a produção de grãos de milho em sucessão à crotalária foi 12% maior que sobre milheto cultivados em pré-safra, possivelmente devido ao maior sincronismo de liberação de nutrientes da crotalária com a demanda da cultura do milho, comparados ao milheto (BERTIN et al., 2005). Nas mesmas condições edafoclimáticas, foram observados maiores produtividades de grãos de milho na sucessão crotalária juncea/milho e menores para milheto/milho (PELÁ, 2002; ANDRIOLI, 2004).

Em Selvíria-MS, CARVALHO et al. (2004b) verificaram que a utilização de adubos verdes cultivados na primavera influenciou a produtividade da soja em SPC, com incorporação dos resíduos vegetais das culturas utilizadas. Segundo os autores isso promoveu o aumento da produtividade de grãos no primeiro ano agrícola no SPC quando a precipitação foi normal, não havendo diferença na produtividade da soja cultivada sob SSD ou SPC no segundo ciclo, quando ocorreu veranico.

Segundo TANAKA, et al. (1992), a utilização de mucuna-preta, crotalária e lab-lab como adubo verde possibilitou aumentos significativos na produtividade de feijão e da soja. Entretanto, ocorreu a redução da produtividade da soja quando esta foi

cultivada após guandu, sendo esta menor produção atribuída ao ataque de nematóides que foram observados no guandu.

Maiores rendimentos de milho foram observados por LARA CABEZAS et al. (2004), quando realizado o preparo convencional do solo incorporando os resíduos vegetais de soja/nabo e soja/milheto, quando comparados ao SSD. Os autores atribuíram isso à maior disponibilização de nitrogênio no solo devido a rápida decomposição.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Delineamento experimental e tratamentos

O estudo foi desenvolvido no município de Uberaba-MG. A altitude do local é de 795 m, com latitude de 19° 39' 19" S e longitude 47° 57' 27" W. Os resultados apresentados no presente estudo referem-se às avaliações realizadas entre abril de 2004 e abril de 2007.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com precipitação pluvial média anual de 1600 mm, concentrada no período de outubro a março, com temperatura média anual de 22,6 °C e umidade relativa do ar média de 68 % (UBERABA EM DADOS, 2007).

Os dados climáticos médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica deste estudo (Figura 1) foram extraídos do conjunto de dados pertencentes à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), publicada em UBERABA EM DADOS (2007) e em pluviômetro instalado ao lado do experimento.

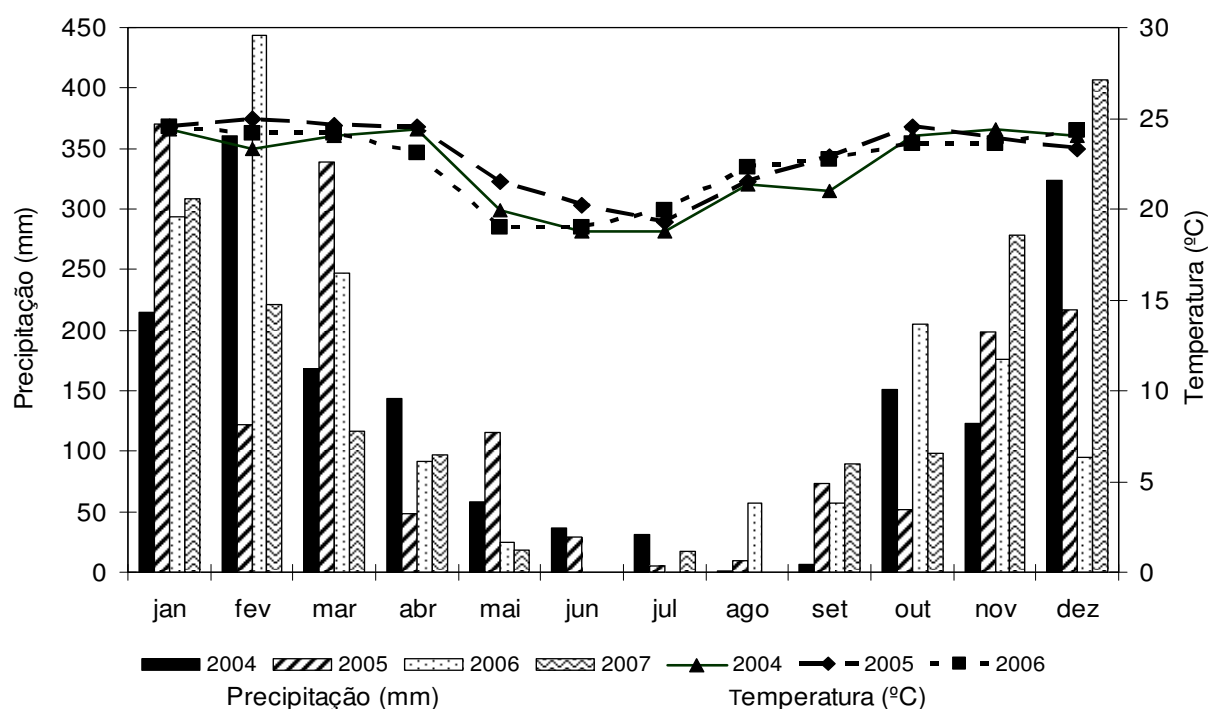


Figura 1. Precipitação pluvial mensal e temperatura média nos anos de 2005 a 2007.
Fonte: Uberaba em dados (2007).

A área foi cultivada por mais de vinte anos consecutivos com milho e soja, sob preparo convencional do solo, utilizando-se grade aradora com discos de 28" e grade niveladora com discos de 20". Em 2000 iniciou-se o cultivo no SSD quando se realizaram operações de subsolagem a 40 cm de profundidade e calagem para elevação da saturação por bases do solo para 70%. A partir de então a área foi cultivada em SSD.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006), textura franco-argilo-arenosa, relevo local suave ondulado, apresentando na camada de 0,0-0,20 m, 220 g kg⁻¹ de argila, 730 g kg⁻¹ de areia e 50 g kg⁻¹ de silte. A areia é composta por: 10 g kg⁻¹ de areia grossa, 210 g kg⁻¹ de areia média, 37 g kg⁻¹ de areia fina e 14 g kg⁻¹ de areia muito fina.

Antecedendo o presente estudo realizaram-se amostragens de solo as quais foram submetidas a análises químicas, conforme métodos descritos em RAIJ et al. (1987) cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, nas camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m anterior à instalação do experimento.

Camada m	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P resina mg dm ⁻³	K -----	Ca	Mg	H + Al mmol _c dm ⁻³ -----	SB	CTC	V %
0,0 – 0,10	5,5	19	73	2,1	22	10	16	34,1	50,1	68
0,10 – 0,20	5,5	18	78	1,9	22	10	18	33,9	51,9	65

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema em faixas, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco coberturas do solo no inverno com duas culturas de verão (soja e milho), totalizando 10 parcelas por bloco experimental (Figura 2). Cada parcela experimental ocupou uma área de 90 m² (18 m de comprimento por 5 m de largura). A área útil de cada parcela para as avaliações, descontadas as bordaduras, foi de 30 m² (3,6 m x 16,7 m).

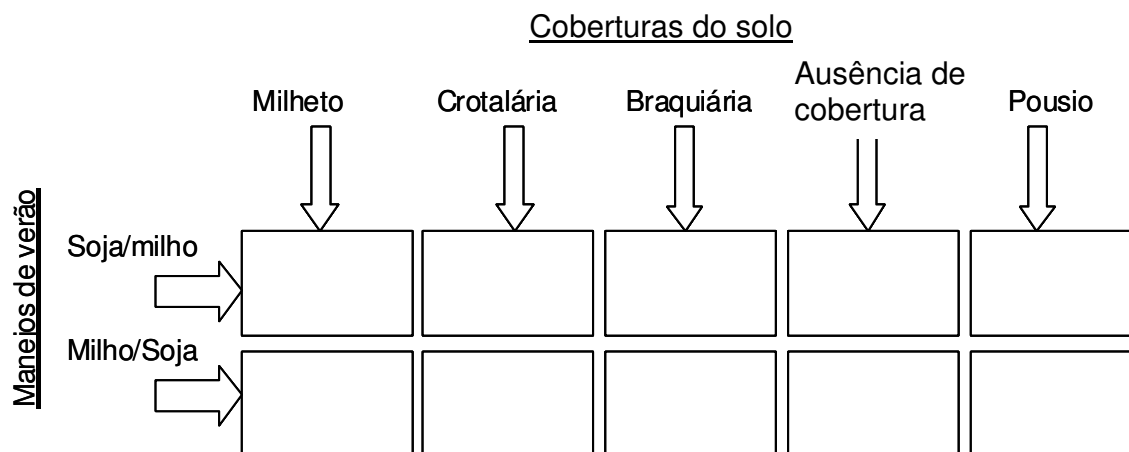


Figura 2. Esquema do bloco experimental. Disposição das parcelas pelo cruzamento das faixas constituídas pelas seqüências de culturas de verão e os tratamentos de inverno.

Os tratamentos foram constituídos pelas coberturas do solo: braquiária (*Brachiaria brizantha*), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), milheto (*Pennisetum*

americanum), pousio e ausência de cobertura. A semeadura da braquiária, crotalária e milho foi realizada na primeira semana de abril dos anos de 2004, 2005 e 2006, repetindo-se a cada ano agrícola a mesma espécie na mesma parcela. No pousio permitiu-se o desenvolvimento da vegetação espontânea de plantas daninhas após a colheita das culturas de verão. No tratamento em ausência de cobertura, os resíduos vegetais de milho e soja, após a colheita, foram incorporados ao solo utilizando-se grade aradora com discos de 28" em abril, e grade niveladora com discos de 20" na segunda quinzena de outubro.

Em todos os anos agrícolas, a semeadura das plantas de cobertura foi realizada no espaçamento de 0,50 m entre linhas, sempre nas mesmas parcelas, sem qualquer adubação mineral, na primeira semana de abril de cada ano, obtendo-se densidades finais de 42 plantas m^{-1} para braquiária, 18 plantas m^{-1} para crotalária e 30 plantas m^{-1} para o milho. No pousio as plantas daninhas se desenvolveram espontaneamente após a colheita de milho e de soja.

Definiu-se que o momento para o manejo das plantas de cobertura ocorresse quando as plantas estivessem em pleno florescimento. O manejo das plantas de crotalária e milho foi realizado com uso de uma roçadora costal motorizada aos 80 dias após a semeadura, no final de junho. Nesta ocasião as plantas de braquiária estavam em fase vegetativa e continuaram seu desenvolvimento até final de outubro, quando foram dessecadas, juntamente com a vegetação espontânea do tratamento em pousio.

As culturas de verão foram milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max* L. Merrill) semeadas na primeira semana de novembro de cada ano, em rotação de culturas em 2005 e 2006. Antecedendo à semeadura das culturas de soja e milho, todas as plantas das parcelas foram dessecadas, na segunda quinzena de outubro, utilizando-se 1.440 g ha^{-1} de glifosato + 600 g ha^{-1} de Paraquat. Após a dessecação foram semeadas as culturas de verão, soja e milho, em faixas sobre os resíduos vegetais das coberturas do solo na primeira semana de novembro de cada ano.

O híbrido de milho utilizado foi o Pioneer 30k75 de ciclo semiprecoce, semeado no espaçamento de 0,90 m entrelinhas, visando atingir uma população final de 55 mil

plantas ha^{-1} . A adubação utilizada foi a recomendada por RAIJ & CANTARELLA (1997) para uma meta de produtividade de 6 a 8 toneladas ha^{-1} . Na semeadura utilizou-se 400 kg ha^{-1} da fórmula 05-15-10 + 0,5% Zn + 0,3% Mn, correspondendo a 20 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 40 kg ha^{-1} de K_2O , 2 kg ha^{-1} de Zn e 1,2 kg ha^{-1} de Mn. A adubação de cobertura constituiu de 100 kg ha^{-1} de N, sendo 40 kg ha^{-1} na forma de sulfato de amônio aplicado no estágio V6 da cultura e 60 kg ha^{-1} na forma de uréia com aplicação incorporada no estágio V8.

A cultivar de soja utilizada foi a BRSMG 68 “vencedora” de ciclo semi precoce, semeada no espaçamento de 0,45 m entrelinhas, visando atingir uma população final de 240 mil plantas ha^{-1} . As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. A adubação utilizada foi a recomendada por MASCARENHAS & TANAKA (1997) para uma meta de produtividade de 3,5 a 4,0 toneladas ha^{-1} . A adubação de semeadura constituiu-se de 200 kg ha^{-1} da fórmula 0-20-15 + 2,5% Zn + 2,5% Mn, correspondendo 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 60 kg ha^{-1} de K_2O , 5 kg ha^{-1} de Zn e 5 kg ha^{-1} de Mn.

O tratamento de sementes, a prevenção e controle de pragas, doenças e plantas daninhas que se fizeram necessários durante o ciclo das culturas de milho e soja foram realizados utilizando-se produtos e doses recomendados pelos fabricantes.

3.2. Avaliações

A avaliação da produção de massa seca dos tratamentos com braquiária, crotalária e milheto foi realizada antes das plantas serem manejadas com herbicida ou roçadora. Em cada parcela foram coletadas as plantas em segmentos de 0,50 m na linha de semeadura em 12 locais ao acaso. Nas parcelas em pousio as amostragens foram realizadas com o auxílio de um quadrado metálico de 0,50 x 0,50 m, também em 12 locais ao acaso, coletando-se as plantas contidas dentro do quadrado. Em todos os tratamentos com cobertura vegetal foi amostrada uma área de 3 m^2 por parcela. Os resíduos vegetais foram picados em segmentos de aproximadamente 0,05 m. A seguir

as amostras foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas. Posteriormente, o material foi pesado para estimativa da massa seca.

Para avaliação da taxa de decomposição dos resíduos vegetais produzidos pelas coberturas de braquiária, crotalária, milheto e pousio em 2005 e 2006 utilizou-se o método recomendado por SCHUNKE (1998). Foram utilizadas sacolas de nylon com malha de 2 mm de abertura, com dimensões de 0,20 x 0,20 m, em que foram colocados 20 g dos resíduos vegetais, obtidos nas amostragens para massa seca, dispostas aleatoriamente sobre a superfície do solo. Em cada parcela foram distribuídas 12 sacolas na superfície do solo, sendo coletadas três sacolas por parcela aos 30, 60, 120 e 240 dias após a distribuição.

Para descrever a taxa de decomposição dos resíduos vegetais aplicou-se o modelo matemático exponencial $X = X_0 e^{-kt}$, descrito por THOMAS & ASAKAWA (1993). Em que, X é a quantidade de massa seca remanescente (kg ha^{-1}) existente no tempo t, em dias; X_0 é a fração de massa seca potencialmente decomponível e k é a constante de decomposição do resíduo ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). É possível calcular a constante de decomposição (k), reorganizando a equação e aplicando o logaritmo neperiano (ln): $k = \ln(X / X_0) / t$. Com o valor obtido de k calcula-se o tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da massa seca dos resíduos vegetais remanescentes, ou seja, o tempo necessário para que 50% da massa seca seja decomposta. Para isso utilizou-se a equação: $T_{1/2} = \ln(2)/k$, sendo o $\ln(2) = 0,693$ e $T_{1/2} = 0,693/k$.

Após a amostragem para quantificação da massa seca, amostras dos resíduos vegetais foram lavadas em água corrente sobre peneira de malha de 0,053 mm, mergulhadas em uma solução diluída de detergente neutro (0,1%) e passados em água destilada.

Posteriormente, as amostras foram preparadas e submetidas à análise química para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, seguindo os procedimentos descritos por BATAGLIA et al. (1983) e C, pelo método descrito por TEDESCO et al. (1985). Com os dados, calcularam-se a relação C/N dos materiais e o conteúdo total de nutrientes acumulados. Determinaram-se também os teores de lignina e celulose, segundo métodos descritos por VAN SOEST (1963).

As amostras de resíduo vegetal remanescentes nas sacolas, em cada coleta, foram preparadas para quantificação da massa seca e submetidas às análises químicas para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, seguindo os mesmos procedimentos e métodos descritos anteriormente. Foram calculadas as quantidades remanescentes dos nutrientes existentes nas sacolas de decomposição em cada época.

As avaliações da percentagem de cobertura do solo foram realizadas por meio do método da transeção linear, conforme descrito por LAFLEN et al. (1981), utilizando-se uma corda com 10 m de comprimento, marcada com pontos espaçados de 20 cm. A corda foi estendida em diagonal na parcela, formando um X. As avaliações foram realizadas nas parcelas com braquiária, crotalária, milho e pousio durante 150 dias, iniciando em julho, logo após a crotalária e o milho serem roçados e, posteriormente, a cada 30 dias até dezembro de cada ano.

Antes da semeadura das culturas de verão, na segunda semana de outubro de 2005 e 2006, foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0,0-2,5 cm, 2,5-5 cm e 5-10 cm de profundidade. Foram coletadas 20 amostras simples para cada camada do solo, para compor uma amostra composta, seguindo caminamento aleatório dentro da área útil da parcela.

No laboratório as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de abertura para, posteriormente, serem submetidas às análises químicas para determinação de pH (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹), teores de matéria orgânica, P (resina), K, Ca, Mg, H+Al, conforme métodos descritos por RAIJ et al. (1987). Também foram calculados os valores de capacidade de troca de cátions (CTC) resultante da soma dos teores de Ca, Mg, K e H+Al e a saturação por bases (V) que é a relação entre a soma de bases (Ca, Mg, K) e a CTC, expressa em porcentagem.

Em amostras de solo indeformadas, coletadas em outubro de 2004 e outubro de 2006, avaliou-se a estabilidade em água dos agregados da classe de 2,00-1,00 mm de diâmetro pelo método descrito por KEMPER & ROSENAU (1986).

Ainda em outubro de 2004 e de 2006, determinou-se a densidade do solo (Ds) pelo método do anel volumétrico (BLAKE & HARTGE, 1986), a porosidade total, macroporosidade e microporosidade pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA,

1997). Para isso foram coletadas, em cada parcela, três amostras nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm.

Para avaliação do estado nutricional das culturas de soja e milho, nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007, efetuaram-se amostragens foliares. Foram amostradas plantas das linhas centrais das culturas na área útil das parcelas de maneira aleatória. Para a cultura do milho foram coletadas 30 folhas por parcela, retirando-se o terço médio da folha da base da espiga quando a cultura apresentava 50% de pendoamento, conforme recomendação de CANTARELLA et al. (1996). Para a cultura da soja foi coletado o terceiro trifólio no pleno florescimento, sendo 30 folhas por parcela conforme recomendação de AMBROSANO et al. (1996). As amostras foram preparadas e submetidas às análises químicas seguindo os mesmos procedimentos e métodos descritos para massa seca e acúmulo de nutrientes nas plantas, mencionados anteriormente.

No laboratório, as folhas foram lavadas em água corrente, posteriormente mergulhadas em uma solução diluída de detergente neutro (0,1%) e passadas em água destilada. A seguir, as amostras foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem massa constante. Posteriormente, as amostras foram preparadas e submetidas à análise química para determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, seguindo os procedimentos descritos por BATAGLIA et al. (1983).

A avaliação da produtividade da cultura do milho foi realizada por meio da colheita manual das espigas das 2 linhas centrais e posterior debulha. Para avaliar a produtividade da soja, as plantas das 4 linhas centrais foram cortadas a 0,05 m do solo e debulhadas mecanicamente. Para ambas culturas, colheram-se as plantas de uma área de 30 m² por parcela. Os valores de massa de grãos foram corrigidos para 13% de umidade e expressos em kg ha⁻¹. Também foi avaliada a massa de 100 grãos.

Utilizaram-se os testes de Lilliefords para verificação de normalidade e de Cochran e Bartlett para a homogeneidade de variâncias, visando verificar a necessidade de transformação dos dados, utilizando o pacote estatístico SAEG (RIBEIRO JR., 2001). Sendo o resultado da análise da variância significativo a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de

probabilidade, utilizando o pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000). Testes de correlação de Pearson foram realizados entre precipitação pluviométrica e massa dos resíduos vegetais remanescentes nas sacolas de decomposição. As análises de regressão relativas à decomposição da massa seca foram realizadas com o uso do aplicativo Sigma Plot.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Produção de massa seca das coberturas do solo

Nas avaliações de produção de massa seca realizadas em 2005, observaram-se maiores valores nas parcelas com braquiária (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa seca (MS), relação C/N, teores de lignina (Lig) e celulose (Cel) das coberturas do solo após milho ou soja em 2005.

	2005				2006			
	MS	C/N	Lig	Cel	MS	C/N	Lig	Cel
	kg ha ⁻¹		-----g kg ⁻¹ -----		kg ha ⁻¹		-----g kg ⁻¹ -----	
Coberturas do solo								
Crotalária	3647 b	15 c	71,7	329 a	2030	23	70,5	296 a
Milheto	4120 b	21 b	48,4	293 b	2286	29	37,1	286 a
Braquiária	5506 a	27 a	30,2	239 c	2120	25	26,4	223 b
Pousio	2533 c	30 a	48,3	282 b	2593	21	46,5	232 b
CV (%)	17,10	11,06	11,99	5,72	20,00	21,53	12,86	7,43
Culturas de verão								
Milho	3712	23	50,1	284,0	2292	25	43,1 b	255,8
Soja	4191	24	49,1	286,8	2223	23	47,2 a	262,7
CV (%)	14,28	12,42	6,21	4,72	11,97	12,14	7,56	5,81
Teste F (interação)	2,43 ^{ns}	2,00 ^{ns}	8,70**	0,73 ^{ns}	2,64 ^{ns}	1,99 ^{ns}	15,74**	0,80 ^{ns}
CV (%)	21,36	12,82	7,27	8,24	16,20	11,99	7,51	7,29

** e * = Significativos (p<0,01 e p<0,05, respectivamente); ^{ns} = Não significativo (p<0,05). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si (Tukey, p<0,05).

Observou-se ainda que a quantidade de massa seca produzida pelas plantas cultivadas no inverno não foi influenciada pelas culturas cultivadas no verão anterior. A

maior produção de massa seca pela braquiária justifica-se pelo fato desta ser uma gramínea perene e de permanecer mais tempo no campo. Em contrapartida, a crotalária e o milho tiveram seus ciclos interrompidos em pleno florescimento, por ocasião do manejo das culturas, realizado por meio de roçagem. Na área sob pousio foram observadas as menores quantidades de massa seca. O desenvolvimento da braquiária foi ainda favorecido pelas chuvas que ocorreram no período, de aproximadamente 120 mm no mês de abril e de 40 mm no mês de junho (Figura 1).

No ano de 2006, não foram observadas diferenças significativas nas produções de massa seca das coberturas, sendo seus valores inferiores quando comparados aos de 2005. Esses resultados podem ser explicados pela má distribuição de chuvas no período de maio a setembro de 2006 (Figura 1).

Estudos sobre produção de massa seca na região Centro-Oeste do Brasil, envolvendo época de semeadura e manejo das culturas de inverno e de verão, demonstram que os resultados variam com a região e condições climáticas.

Semeando as coberturas no período seco, tem-se observado uma variação nos resultados obtidos para produção de massa seca, influenciados pela precipitação. BOER et al. (2008) obtiveram $10,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de milho em Rio Verde-GO, quando semeado em abril no início do período da seca. Os autores relacionaram a alta produção ao elevado volume de chuva acumulado no período de abril a junho daquele ano (307 mm) e a qualidade das sementes melhoradas. No entanto, SODRÉ FILHO et al. (2004), trabalhando na região de Planaltina-DF com milho comum, obtiveram $1,9 \text{ Mg ha}^{-1}$. No mesmo estudo, SODRÉ FILHO et al. (2004) obtiveram $2,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de crotalária e $0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de plantas espontâneas, que surgiram nas áreas que permaneceram em pousio no inverno. TORRES et al. (2005), em Uberaba-MG, obtiveram $3,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca para milho, $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ para crotalária, e $3,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ nas áreas que permaneceram em pousio, respectivamente, quando as culturas foram semeadas no início do período seco que coincide com o inverno na região. NUNES et al., (2006) obtiveram produção de $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de braquiária e $3,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ em pousio em Diamantina - MG.

Semeando coberturas do solo no início do período chuvoso, observa-se o aumento na produção de massa na maioria das coberturas do solo avaliadas. TORRES et al. (2005), na mesma região, obtiveram 3,9 Mg ha⁻¹ de massa seca para crotalária e 10,3 Mg ha⁻¹ para o milho. MESCHEDE et al. (2007) obtiveram 7,6 Mg ha⁻¹ de massa seca para crotalária e de 7,5 Mg ha⁻¹ para milho na região de Cáceres-MT. NUNES et al. (2006) em Diamantina – MG e CRUSCIOL & SORATTO (2007) em Botucatu – SP, obtiveram produção de 6,2 Mg ha⁻¹ de massa seca de braquiária.

AMABILE et al. (2000) em estudo com cobertura do solo em Senador Canedo-GO, observaram que o atraso na semeadura, em relação ao início do período chuvoso, reduziu a produção de massa seca de crotalária em mais de 50%. Quando semeada em início de março a crotalária produziu 6,0 Mg ha⁻¹ de massa seca com 455 mm de chuva.

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciaram que a condição climática foi o fator de maior influência na produção de massa seca das coberturas do solo, no inverno dos anos agrícolas de 2005 e 2006 (Tabela 2).

Além da importância da quantidade de massa seca produzida por uma planta utilizada como cobertura do solo, a qualidade dos resíduos também é um fator importante no que se refere ao tempo de decomposição e permanência do resíduo na superfície do solo. Essa qualidade está estreitamente ligada à relação C/N e teores de celulose e lignina encontrada nos resíduos.

Observou-se no presente estudo que os valores da relação C/N dos resíduos da braquiária e do milho foram semelhantes nos dois anos avaliados (2005 e 2006) (Tabela 2) e ficaram abaixo do valor de 40:1 que é, geralmente, observado para as gramíneas (MONEGAT, 1991). No ano de 2005, observaram-se menores valores da relação C/N dos resíduos da crotalária, quando comparados aos do ano de 2006, ficando abaixo daqueles encontrados para leguminosas, ou seja, na faixa de 20:1 (MONEGAT, 1991). Para o ano de 2006, os valores da relação C/N dos resíduos da crotalária se aproximaram daqueles encontrados na literatura, para leguminosas.

A diferença entre os valores da relação C/N dos resíduos da crotalária, entre os anos de 2005 e 2006, pode ser atribuída à distribuição irregular de chuvas no período

de maio a setembro de 2006 (Figura 1). REIS et al. (2006) relata que ocorre baixa sobrevivência do *Rhizobium spp* e sua habilidade de nodular e fixar N₂ nestas condições, o que proporciona menor absorção de N pelas plantas e, conseqüentemente, uma maior relação C/N dos resíduos da crotalária, conforme observado no ano de 2006.

Da mesma maneira, a diferença encontrada nos valores da relação C/N dos resíduos das parcelas que permaneceram em pousio, pode ser explicada pela variação da condição climática no período do inverno, entre os dois anos agrícolas. Este fato acarretou a diferenciação das espécies entre um ano e outro, proporcionando diferente relação C/N dos resíduos.

Os teores de celulose e lignina determinados nas coberturas do solo mostram que a crotalária apresentou os maiores teores destes compostos, nos dois anos avaliados, o que é justificado por suas características morfofisiológicas durante o seu desenvolvimento no período de estiagem. Nesta época foi constatado que a planta apresentou porte mais baixo e caule fibroso, emitindo menos folhas e flores, conforme também observado por SILVA et al. (2003). Na cobertura de braquiária ocorreram os menores teores de lignina e celulose. Talvez isso possa ser explicado pelo rápido crescimento vegetativo das plantas, devido à maior disponibilidade hídrica, as temperaturas elevadas que ocorrem no início do período chuvoso que prolongam a fase vegetativa da planta e a dessecação realizada antes que a planta acumulasse lignina e celulose. Estes menores teores podem facilitar a decomposição da braquiária conforme relatado por MATTA-MACHADO et al. (1994) e constatado por TORRES et al. (2005).

Houve interação significativa entre a crotalária e as culturas de verão. A crotalária apresentou maior teor de lignina sobre os resíduos de milho em 2005, e o pousio sobre os resíduos de soja em 2005 e 2006 (Tabela 3).

O maior teor de lignina na crotalária produzida sobre resíduos de milho quando comparada aos resíduos de soja, em 2005, pode ser devido à rotação de culturas de uma leguminosa (crotalária) semeada sobre resíduos de uma gramínea (milho), explorando de maneira diferenciada o volume de solo e seus nutrientes.

O maior teor de lignina e celulose na crotalária, quando comparada a outras coberturas do solo, também foi observado por SEGUY & BOUZINAC (1995) em estudo realizado no norte do Mato Grosso.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre as coberturas do solo x cultura de verão no teor de lignina das coberturas do solo após soja ou milho.

Culturas de Verão	Coberturas do solo				F ⁽¹⁾	Dms
	crotalária	milheto	braquiária	pousio		
2005	Lignina (g kg ⁻¹)-----					
Milho	76,9 Aa	50,1 b	27,9 c	45,7 Bb	67,97**	10,0
Soja	66,4 Ba	46,8 b	32,6 c	51,0 Ab	31,92**	10,0
F	19,85**	2,64 ^{ns}	3,96 ^{ns}	5,03*		
dms	5,3	---	---	5,3		
2006	Lignina (g kg ⁻¹)-----					
Milho	70,1 a	37,4 b	27,5 c	37,4 Bb	61,32**	9,8
Soja	71,0 a	36,8 c	25,3 d	55,6 Ab	72,12**	9,8
F	0,12 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,84 ^{ns}	57,40**		
dms	---	---	---	5,4		

** e * = Significativos (p<0,01 e p<0,05, respectivamente); ^{ns} = Não significativo (p<0,05). Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O pousio apresentou interação com as culturas de verão, acumulando maiores teores de lignina sobre soja do que sobre milho. Tal fato deve-se, possivelmente, ao crescimento de espécies fibrosas selecionadas pelos diferentes herbicidas utilizados. A ordem de predominância de plantas foi: picão preto (*Bidens pilosa*), capim favorito (*Rynchelytrum repens*), leiteira (*Euphorbia heterophylla*), erva de Santa Luzia (*Chamaesyce hirta*), capim milhã (*Digitaria horizontalis*), poaia branca (*Richardia brasiliensis*), timbete (*Cenchrus echinatus* L.), buva (*Conyza canadensis*) e urtiga mansa (*Stachys arvensis*).

4.2 – Decomposição dos resíduos vegetais das coberturas do solo

Os valores obtidos para a constante de decomposição e tempo de meia vida dos resíduos, quando se comparam os dois anos de avaliação (2005 e 2006), são

semelhantes (Tabela 4). Observou-se ainda que os valores foram ligeiramente menores quando a cultura anterior foi a soja. Provavelmente, o N_2 fixado pela soja, favoreceu positivamente a atividade dos microorganismos, o que proporcionou maior taxa de decomposição dos resíduos.

Tabela 4. Constante de decomposição (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) da massa seca dos resíduos vegetais das coberturas do solo, nos anos agrícolas de 2005 e 2006 sobre a cultura de milho e de soja.

Coberturas do solo	Parâmetros para massa seca					
	milho			Soja		
	k	$T_{1/2}$	r^2	K	$T_{1/2}$	r^2
	$g\ g^{-1}\ dia^{-1}$	dia		$g\ g^{-1}\ dia^{-1}$	dia	
----- 2005 -----						
Crotalária	0,0051	136	0,99*	0,0057	122	0,92**
Milheto	0,0046	151	0,98*	0,0065	114	0,87*
Braquiária	0,0103	67	0,94**	0,0166	42	0,82*
Pousio	0,0079	88	0,94**	0,0149	47	0,97**
----- 2006 -----						
Crotalária	0,0053	131	0,98*	0,0058	120	0,87*
Milheto	0,0047	147	0,96*	0,0062	112	0,85*
Braquiária	0,0091	76	0,93*	0,0187	37	0,83*
Pousio	0,0075	92	0,93*	0,0116	60	0,89*

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); k = Constante de decomposição; $T_{1/2}$ = Tempo de meia-vida; r^2 = coeficiente de determinação

Em 2005, os valores de $T_{1/2}$ foram maiores para milheto, quando comparado a crotalária. Esse comportamento pode ser explicado pela maior relação C/N dos resíduos de milheto nesse ano agrícola (Tabela 2), o que influenciou diminuindo a taxa de decomposição dos seus resíduos.

Contudo, no ano de 2006, verificou-se menor valor de $T_{1/2}$ para o milheto e a crotalária, o que pode ser explicado pela relação C/N dos resíduos, pois em 2006 o valor da relação C/N foi ligeiramente superior a obtida em 2005, o que proporcionaria uma decomposição mais lenta dos resíduos. Acredita-se que outros fatores, além da relação C/N dos resíduos, interferiram nesses resultados, entretanto, não foram avaliados no presente estudo.

Os maiores valores de $T_{1/2}$ foram observados para crotalária e milheto, nos dois anos agrícolas avaliados (Tabela 4). Isso se deve ao fato que essas espécies foram

manejadas no início do período do inverno, coincidindo com o período mais seco, ou seja, aproximadamente 120 dias antes do manejo realizado na braquiária e no pousio. A baixa umidade do solo e do ar parece ter refletido negativamente na atividade dos microorganismos e na velocidade das reações químicas que ocorrem durante a decomposição dos resíduos, o que fez com que a taxa de decomposição da crotalária e do milho ficasse menor, quando comparada àquelas da braquiária e pousio, dessecadas no início do período chuvoso. Em seu estudo, MOORE (1986) justifica que condições ideais de umidade e temperatura aumentam a atividade dos microorganismos decompositores da matéria orgânica. THOMAS & ASAKAWA (1993) e ESPINDOLA et al. (2006) comprovaram em seus estudos, com gramíneas e leguminosas tropicais, que a decomposição é mais lenta nos períodos de baixa precipitação.

A diminuição do $T_{1/2}$ dos resíduos de braquiária, em decorrência do manejo ter sido realizado no período chuvoso, também foi verificado por REZENDE et al. (1999), no Sul da Bahia, por GAMA-RODRIGUES et al. (2007) em Campos-RJ e por TORRES et al. (2008) em Uberaba-MG.

Alguns estudos têm mostrado que os teores de lignina e celulose na planta interferem na decomposição dos resíduos vegetais (MATTA-MACHADO et al., 1994; MCDONAGH et al., 1995). Quando estes teores são elevados, aumenta a persistência dos resíduos vegetais, aumentando o $T_{1/2}$ da cobertura do solo (ESPINDOLA et al., 2006). Possivelmente o que contribuiu para a rápida decomposição da braquiária neste estudo, além da época de manejo, foram os menores teores de lignina e celulose, quando comparado aos teores observados na crotalária, nos dois anos de estudo. Resultados semelhantes foram observados por SILVA et al. (2003), também no cerrado onde as leguminosas se decompuseram mais lentamente que as gramíneas, mesmo com a relação C/N das gramíneas sendo maior.

Em Uberaba-MG, TORRES et al. (2005) observaram que os valores para $T_{1/2}$ dos resíduos de crotalária e milho sempre foram maiores quando comparados a sorgo, aveia, guandu e braquiária, não diferindo entre si quando cultivados sobre milho ou soja, nos períodos de inverno ou verão. LARA CABEZAS et al. (2004) obtiveram

uma redução de 77 % da massa de resíduos vegetais de milho, 90 dias após o manejo com rolo-faca (manejado em junho) na mesma região do Triângulo Mineiro.

Verifica-se que houve correlação negativa entre massa seca remanescente dos resíduos vegetais e a precipitação no período avaliado (Tabela 5). Isso confirma a influência da chuva na taxa de decomposição e porcentagem de cobertura do solo, superando os efeitos da relação C/N. Observa-se que no ano de 2005, mesmo os resíduos de crotalária e milho apresentando menor relação C/N e maiores teores de lignina e celulose (Tabela 2), o $T_{1/2}$ foi maior, pois após o manejo não ocorreram chuvas com intensidades significativas.

Tabela 5. Valores de coeficiente de correlação de Pearson entre massa seca remanescente de resíduos vegetais e precipitação, no período avaliado em 2005/06 e 2006/07, sobre a cultura de milho e soja.

Manejos de inverno	2005/06		2006/07	
	milho	soja	milho	Soja
Crotalária	-0,96**	-0,98**	-0,85**	-0,86**
Milho	-0,98**	-0,98**	-0,84**	-0,85**
Braquiária	-0,83**	-0,69**	-0,60**	-0,48**
Pousio	-0,76**	-0,70**	-0,45**	-0,42**

Significância: ** =1%.

Estes resultados corroboram os obtidos por TORRES et al. (2006) e ESPINDOLA et al. (2006), que destacam que a temperatura e umidade do solo influenciam a taxa de decomposição dos resíduos vegetais, aumentando quando a precipitação é maior e diminuindo estas taxas no período seco.

4.3 - Porcentagem de cobertura do solo promovida pelos resíduos vegetais

As avaliações de cobertura do solo foram realizadas após o manejo da crotalária e milho, de julho a dezembro dos anos de 2005 e 2006 (Tabela 6) quando foram observados elevados valores de porcentagens de cobertura, até a semeadura das culturas de verão (120 DAM).

Verificou-se que, na maioria das avaliações, as plantas utilizadas como coberturas do solo proporcionaram cobertura acima de 67% até o período que antecedeu a semeadura das culturas de verão, ou seja, durante o período de julho a novembro, nos dois anos agrícolas avaliados (Tabela 6).

Tabela 6. Porcentagem de cobertura do solo proporcionado pelos resíduos vegetais das coberturas do solo, sobre os resíduos de milho e soja, no período de julho a dezembro de 2005 e 2006.

		Dias após o manejo da crotalária e milheto						
Safr 04/05	Manejos de inverno	Jul	Ago	Set	Out ⁽¹⁾	Nov	Safr 05/06 Semeadura	Dez
		0	30	60	90	120		150
		2005						
		----- % -----						
MILHO	Crotalária	88	87	86	81	81	SOJA	36
	Milheto	93	87	88	93	97		84
	Braquiária	89	88	87	85	83		47
	Pousio	92	87	86	81	85		47
SOJA	Crotalária	89	84	85	84	83	MILHO	51
	Milheto	89	91	90	95	99		92
	Braquiária	88	82	81	79	79		64
	Pousio	90	80	82	76	80		59
Safr 05/06 ⁽²⁾		-----2006-----					Safr 06/07-----	
SOJA	Crotalária	91	90	89	88	85	MILHO	73
	Milheto	83	74	81	84	79		68
	Braquiária	81	78	72	78	86		82
	Pousio	88	78	82	76	78		73
MILHO	Crotalária	82	81	82	85	86	SOJA	77
	Milheto	88	87	87	81	82		62
	Braquiária	77	67	75	88	91		86
	Pousio	75	69	74	81	81		73

⁽¹⁾ Dessecação em área total em outubro de cada ano. ⁽²⁾ Semeadura de soja e milho em rotação em 08/11/2005 e 09/11/2006.

Ocorreram decréscimos nos valores da porcentagem de cobertura do solo, quando se comparam os valores das primeiras avaliações (julho e agosto), logo após o manejo das culturas, com os valores das últimas (outubro e novembro), quando antecederam a semeadura das culturas de verão. Algumas situações de aumento das porcentagens de cobertura ao longo do tempo de avaliação se devem ao fato da permanência do desenvolvimento da braquiária e pousio, além do aparecimento de algumas plantas daninhas após o manejo nas parcelas de crotalária e milheto.

Após a semeadura das culturas de verão no ano agrícola 2005/2006, observaram-se menores porcentagens de cobertura do solo nas parcelas onde foi cultivada soja, em decorrência do menor espaçamento entre linhas da cultura (0,45 m), quando comparado ao espaçamento do milho (0,90 m), o que proporcionou um maior revolvimento do solo. O mesmo não foi observado para o ano agrícola 2006/2007, quando foram verificados valores semelhantes de porcentagem de cobertura do solo nas parcelas onde foi semeado milho ou soja. Isso em decorrência dos resíduos deixados pela cultura de milho conduzido nas parcelas no ano agrícola anterior (2005/2006).

A maior relação C/N dos resíduos do milho proporciona menor taxa de decomposição, o que prolonga o tempo de permanência de seus resíduos na superfície do solo, de maneira que foram contabilizados na avaliação da porcentagem de cobertura realizada após a semeadura. Estes resíduos contribuíram para que os valores de porcentagem de cobertura do solo fossem semelhantes entre as parcelas onde se cultivou soja no ano agrícola 2006/2007, mesmo o solo tendo sido mais revolvido, em decorrência do menor espaçamento entre linhas da cultura, quando comparado àquele do milho.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram observados por BERTOL et al. (1998) e BORTOLUZZI & ELTZ (2000) que comprovaram que a porcentagem de cobertura do solo é alterada pelo manejo dado aos resíduos ou pela semeadura das culturas sobre este material depositado sobre o solo.

Estudos utilizando cobertura do solo foram conduzidos em várias regiões do Brasil, alguns nas mesmas condições climáticas que o presente estudo (SODRÉ

FILHO et al. 2004;), outros em condições diferentes (BORTOLUZZI & ELTZ et al., 2000; CAZETTA et al., 2005; SOARES, 2006). Todos apresentaram altas taxas de cobertura do solo, com valores próximos aos obtidos neste estudo, embora as épocas de avaliação fossem variáveis e em alguns casos o método utilizado para determinação fosse diferente.

Em 2006, todas as coberturas do solo apresentaram porcentagem de cobertura do solo superior a 60%, concordando com as considerações feitas por ALVARENGA et al. (2001) de que o SSD deve ter pelo menos 50% da superfície do solo coberta com resíduos vegetais e estes devem ter uma taxa de decomposição compatível com a manutenção de cobertura deixada pelas culturas antecessoras.

Contudo, a porcentagem de cobertura do solo, proporcionada pelas culturas após a semeadura das culturas de verão, se manteve acima de 35% (tabela 6), valor esse definido como limite para manejos do solo considerados como conservacionistas (SODRÉ FILHO et al., 2004). Isso proporcionou cobertura adequada ao solo até que as culturas de soja e milho se desenvolvessem e cobrissem o solo.

4.4 – Acúmulo e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais

Os maiores valores de nitrogênio foram obtidos nos resíduos de braquiária e crotalária no ano de 2005 (Tabelas 7). As quantidades acumuladas na braquiária provavelmente estão relacionadas à maior produção de massa seca, enquanto que na crotalária à fixação biológica do N atmosférico.

Ainda em 2005, as quantidades de K acumulados por braquiária e milheto foram superiores aos da crotalária e pousio (Tabela 7). Estes resultados concordam com os obtidos por BRAZ et al. (2004) e TORRES & PEREIRA (2008), que destacaram que estas plantas possuem um sistema radicular profundo e alta capacidade de absorção deste nutriente. Em 2006, o acúmulo de K foi menor em relação a 2005, em função da menor produção de massa seca. Nesse ano, o pousio acumulou quantidades semelhantes de K quando comparado aos da braquiária e milheto, possivelmente pelo

desenvolvimento de espécies mais adaptadas ao déficit hídrico. Nos dois anos o acúmulo de K na crotalária foi menor quando comparado às gramíneas, embora o acúmulo de N e Ca, sejam semelhantes aos apresentados por TORRES et al. (2008), em estudo conduzido na mesma região. Em 2005 a braquiária acumulou mais Mg, possivelmente devido a maior taxa fotossintética e o milho acumulou mais S.

Tabela 7. Nutrientes acumulados nas culturas de cobertura do solo, após milho ou soja em 2005 e 2006.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	----kg ha ¹ ----					
Cobertura do solo	2005					
Crotalária	90,1 a	2,1 b	61,6 b	29,5 a	9,8 b	5,3 b
Milho	66,5 b	2,8 b	117,5 a	12,4 c	8,3 b	7,7 a
Braquiária	81,9 a	6,4 a	97,9 a	20,9 b	14,0 a	5,4 b
Pousio	34,1 c	2,1 b	46,0 b	9,4 c	4,6 c	3,0 c
CV (%)	13,03	32,13	16,80	14,16	13,42	10,26
Culturas de verão						
Milho	66,0	2,9	76,3	17,4	8,8	5,1
Soja	70,2	3,8	85,2	18,7	9,5	5,6
CV (%)	9,30	30,19	15,36	23,08	20,56	17,40
Teste F (interação)	1,47 ^{ns}	6,44*	2,80 ^{ns}	0,72 ^{ns}	3,54 ^{ns}	2,50 ^{ns}
CV (%)	24,39	20,08	26,62	24,12	17,85	31,18
Cobertura do solo	2006					
Crotalária	45,0	2,7 b	28,3 b	17,4	4,7	2,4
Milho	40,2	3,2 b	63,4 a	8,9	4,7	4,3
Braquiária	35,0	3,8 ab	65,3 a	7,0	6,6	2,9
Pousio	50,0	5,4 a	83,5 a	18,8	7,8	5,6
CV (%)	32,10	25,75	21,63	44,27	22,39	24,32
Culturas de verão						
Milho	41,8	4,0	60,0	13,0	6,0	3,8
Soja	43,3	3,6	60,0	13,0	6,0	3,8
CV (%)	5,28	27,26	10,45	19,71	10,61	8,23
Teste F (interação)	16,16**	3,11 ^{ns}	2,64 ^{ns}	8,05**	12,70**	9,25**
CV (%)	8,80	18,14	17,18	18,28	8,85	12,74

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quando se avaliou a interação das coberturas do solo com as culturas de verão, observou-se que em 2005 ocorreu maior acúmulo de P quando a braquiária foi cultivada sobre os resíduos de soja. Isto se deve a rápida mineralização dos resíduos de soja, oportunizando maior absorção de fósforo pela braquiária (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação entre as coberturas do solo x cultura de verão nos valores de macronutrientes acumulados (kg ha^{-1}) em 2005 e 2006.

Culturas de verão	Coberturas do solo				F ⁽¹⁾	dms
	crotalária	milheto	braquiária	pousio		
2005						
Fósforo						
Milho	2,3 b	2,2 b	5,2 Ba	1,9 b	12,40**	1,8
Soja	1,8 b	3,4 b	7,6 Aa	2,3 b	34,62**	1,8
F ⁽¹⁾	2,64 ^{ns}	3,96 ^{ns}	15,20**	0,50 ^{ns}		
dms			1,5			
2006						
Nitrogênio						
Milho	52,1 Aa	36,5 ab	30,8 b	48,0 ab	3,93*	21,0
Soja	37,9 B	43,9	39,3	52,0	1,63 ^{ns}	21,0
F ⁽¹⁾	14,48**	3,87 ^{ns}	5,22 ^{ns}	1,15 ^{ns}		
dms	9,6	---	---	---		
Cálcio						
Milho	20,8 Aa	6,77 Bb	6,3 b	18,1 a	11,71**	9,3
Soja	14,0 Bab	11,0 Aab	7,8 b	19,6 a	5,17*	9,3
F ⁽¹⁾	15,20**	5,75*	0,71 ^{ns}	0,68 ^{ns}		
dms	4,0	4,0	---	---		
Magnésio						
Milho	5,6 Ab	4,3 b	6,0 Bab	7,9 a	8,60**	2,1
Soja	3,9 Bc	5,2 bc	7,3 Aab	7,8 a	12,98**	2,1
F ⁽¹⁾	17,50**	4,24 ^{ns}	9,55*	0,09 ^{ns}		
dms	1,0		1,0			
Enxofre						
Milho	2,9 Abc	4,1 b	2,4 Bc	6,0 Aa	19,17**	1,5
Soja	1,9 Bc	4,6 ab	3,5 Ab	5,2 Ba	15,81**	1,5
F ⁽¹⁾	13,27**	3,32 ^{ns}	15,57**	8,20*		
dms	0,6		0,6	0,6		

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em 2006 na interação das coberturas do solo e culturas de verão, observa-se que a crotalária apresentou os maiores valores para N, Ca, Mg e S quando cultivada

sobre resíduo do milho. Sobre os resíduos da soja, o milho apresentou maior acúmulo de Ca e a braquiária acumulou mais Mg e S (Tabela 8). As interações parecem estar sendo influenciadas diretamente pela rotação gramínea x leguminosa das culturas de verão, que ocorreram nas faixas avaliadas, pois no ano seguinte (2006) ainda foram encontrados resíduos de milho do ano anterior (2005), em processo de decomposição.

Os valores dos parâmetros da liberação dos nutrientes dos resíduos vegetais para o solo, nos anos de 2005 e 2006 são mostrados nas Tabelas 9 e 10, respectivamente.

Tabela 9. Constante de liberação de nutrientes (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) de macronutrientes contidos nos resíduos vegetais das coberturas do solo, no ano agrícola 2005.

Parâmetros	Crotalária	Milheto	Braquiária	Pousio
Nitrogênio				
k	0,0130	0,0050	0,0104	0,0075
$T_{1/2}$	53	139	66	92
r^2	0,98**	0,97**	0,90*	0,93*
Fósforo				
k	0,0119	0,0051	0,0079	0,0080
$T_{1/2}$	58	135	87	87
r^2	0,96**	0,98**	0,89*	0,88*
Potássio				
k	0,0167	0,0138	0,0633	0,0635
$T_{1/2}$	42	50	11	11
r^2	0,98*	0,97**	0,99**	0,99**
Cálcio				
k	0,0098	0,0043	0,0062	0,0049
$T_{1/2}$	71	161	112	141
r^2	0,97**	0,99**	0,97**	0,97**
Magnésio				
k	0,0067	0,0070	0,0077	0,0103
$T_{1/2}$	103	99	90	67
r^2	0,97**	0,99**	0,90*	0,99**

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente);

Os $T_{1/2}$ de liberação de nutrientes foram superiores em 2005 quando comparados a 2006, para a maioria dos elementos. No primeiro ano de avaliação, a crotalária foi a cobertura que apresentou as maiores taxas de decomposição e conseqüente menor $T_{1/2}$ quando comparada as demais coberturas, para N, P, e Ca. Isso se deve a baixa relação

C/N da crotalária neste ano (Tabela 2). O milho foi a cobertura que apresentou os maiores $T_{1/2}$ para N, P, K, e Ca, comparada com as demais coberturas.

MORAES (2001) observou que o milho apresentou $T_{1/2}$ de 89, 43, 27 e 56 dias para N, P, Ca e Mg, respectivamente, valores inferiores aos observados neste estudo. GAMA-RODRIGUES et al. (2007) observaram, em braquiária, $T_{1/2}$ de 131, 112, 198 e 122 dias para N, P, Ca e Mg, respectivamente, superiores ao observada neste trabalho.

Tabela 10. Constante de liberação de nutrientes (k) e tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) de macronutrientes contidos nos resíduos vegetais das coberturas do solo, no ano agrícola 2006.

Parâmetros	Crotalária	Milho	Braquiária	Pousio
Nitrogênio				
k	0,0068	0,0075	0,0205	0,0165
$T_{1/2}$	101	92	34	42
r^2	0,9*	0,91*	0,90*	0,86*
Fósforo				
k	0,0057	0,0071	0,0182	0,0200
$T_{1/2}$	122	98	38	35
r^2	0,89*	0,96**	0,82*	0,92*
Potássio				
k	0,0135	0,0130	0,0793	0,0866
$T_{1/2}$	50	53	9	8
r^2	0,88*	0,90*	0,99**	0,99**
Cálcio				
K	0,0067	0,0070	0,0077	0,0103
$T_{1/2}$	103	99	90	67
r^2	0,97**	0,99**	0,97**	0,97**
Magnésio				
K	0,0081	0,0078	0,0191	0,0201
$T_{1/2}$	86	89	36	33
r^2	0,90*	0,91*	0,88*	0,94*

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente);

No segundo ano de avaliação a crotalária apresentou relação C/N semelhante às demais coberturas, ocasionando as menores taxas de liberação de nutrientes e $T_{1/2}$ de 139, 135 e 161 dias para N, P e Ca. O $T_{1/2}$ para liberação do N do milho foi de 139 dias em 2005 e 92 dias em 2006. Os valores obtidos neste estudo são próximos aos encontrados por BOER et al. (2007) e TORRES et al. (2005), que foi 110 e 100 dias, respectivamente, quando a planta foi cultivada também no cerrado.

Durante todo o estudo o K foi o nutriente com a liberação mais rápida em todas as coberturas. Esse comportamento pode ser atribuído ao K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e encontrar-se na forma iônica na planta (ROSOLEM et al., 2003). Para este elemento, os resíduos vegetais da braquiária e do pousio apresentaram os menores $T_{1/2}$ (8 a 11 dias) para ciclagem do nutriente, pois foram manejadas no início do período chuvoso com maior precipitação. Para crotalária e milho, roçados em junho, os $T_{1/2}$ situaram-se ao redor de 50 dias.

Esses valores obtidos para $T_{1/2}$ mostram que a ciclagem de metade do K ocorre no período em que as culturas comerciais de verão ainda não estão em pleno desenvolvimento, evidenciando que não há sincronia entre este nutriente, a decomposição dos resíduos e os momentos de maior necessidade das culturas subseqüentes, conforme também destacado por CALONEGO et al. (2005). Entretanto, o K pode permanecer nos sítios de troca do solo ou utilizado pela biota que ajuda a manter o nutriente na camada de maior crescimento radicular das culturas.

As menores taxas de liberação e os maiores $T_{1/2}$ foram obtidos para o Ca, pois este nutriente é integrante da parede celular dos tecidos vegetais, sendo liberado após os demais nutrientes. O $T_{1/2}$ para o P acompanhou o comportamento do Ca sendo de 135 no milho em 2005 e de 122 dias na crotalária em 2006.

Os maiores valores de $T_{1/2}$ observados para a crotalária e milho, neste trabalho, podem ser justificados pela menor precipitação e temperatura após o manejo (roçada) das coberturas.

4.5 – Atributos químicos do solo

Neste estudo, os dados obtidos com a análise química do solo evidenciaram que houve alterações nos teores de nutrientes nas camadas superficiais, que foram influenciados pelas coberturas do solo.

No primeiro ano de avaliação os resultados da análise da variância evidenciaram que ocorreu efeito significativo das coberturas para os atributos: pH, MO, teores de P, K, Mg, H+Al, e saturação por bases (V) nas profundidades avaliadas (Tabelas 11 a 13).

Ocorreram diferenças significativas nos valores de pH nas profundidades de 0,0-2,5 e 2,5-5,0 cm, sendo que o menor valor constatado foi de 5,5 dentre todas as camadas (Tabelas 11 a 13).

Tabela 11. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 0,0-2,5 cm de profundidade, em outubro de 2005, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão.

Causas de variação	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K -----	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg -----	H+Al -----	CTC -----	V (%)
Coberturas do solo									
Crotalaria	6,3 a	16 a	69 a	3,0 ab	35	23 ab	12 b	73,0	83 a
Milheto	6,1 ab	16 a	56 b	3,7 a	28	17 ab	13 ab	61,7	78 ab
Braquiária	6,3 a	16 a	65 ab	2,7 bc	37	27 a	12 b	78,0	84 a
Pousio	6,1 ab	16 a	59 ab	3,1 ab	29	17 ab	13 ab	62,4	78 ab
Ausência de cobertura	5,8 b	14 b	67 ab	2,0 c	25	11 b	16 a	53,7	71 b
dms	0,4	2	13	0,8	---	15	3	---	11
Teste F	4,08*	3,80*	3,40*	10,44**	2,38 ^{ns}	3,28*	6,69**	2,46 ^{ns}	5,32*
CV (%)	4,11	7,98	13,55	18,22	29,41	49,64	12,84	26,33	8,43
Culturas de verão									
Milho	6,2	15	64	2,8	30	20	12	67,0	80
Soja	6,1	16	61	3,0	32	18	14	64,5	77
Teste F	0,73 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,23 ^{ns}	8,34 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,64 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,22 ^{ns}
CV (%)	7,22	7,54	14,10	9,20	25,85	47,07	22,55	23,62	7,60
Teste F (interação)	0,87 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,11 ^{ns}	3,18 ^{ns}	3,10 ^{ns}	1,27 ^{ns}	3,29 ^{ns}	2,24 ^{ns}
CV (%)	3,13	7,60	15,44	16,14	12,60	22,66	8,80	11,59	4,02

** e * = Significativos (p<0,01 e p<0,05, respectivamente); ^{ns} = Não significativo (p<0,05); Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os menores valores de pH foram observados no tratamento em ausência de cobertura, cultivados com milho ou soja no verão, até 5 cm de profundidade (Tabelas 11 e 12). FRANCHINI et al. (2000) mostraram que pode ocorrer aumento de acidez em áreas de cultivo solteiro de milho. Os mesmos autores observaram que o não revolvimento do solo proporcionado pela semeadura direta favorece o acúmulo de nutrientes na superfície, aumento nos teores de MO, bem como elevação nos valores de pH. A diminuição do pH neste tratamento talvez seja decorrente da utilização de fertilizante nitrogenado amoniacal utilizado na adubação em cobertura, pois a

nitrificação do N amoniacal provoca acidez no solo como detectado por FRANCHINI et al. (2000). SÁ (1993) constatou aumento na acidez do solo com cultivos sucessivos de milho no sistema de semeadura direta.

O aumento dos teores de MO causados pela produção de massa seca das coberturas do solo (Tabela 2), principalmente na camada superficial, contribuiu para elevação dos sítios de troca possibilitando diminuição da acidez do solo, quando comparada ao tratamento em ausência de cobertura (Tabelas 11 e 12). MIYAZAWA et al. (1993) afirmam que em longo prazo, os materiais vegetais decompostos contribuíram com a neutralização dos íons H^+ e complexação orgânica do Al^{3+} , elevando o pH do solo.

Na camada de 0,0-2,5 cm, ocorreram diferenças significativas quando os tratamentos com plantas de coberturas do solo foram comparadas ao tratamento em ausência de cobertura, o qual apresentou o menor valor. Isso se deve a produção de resíduos vegetais nos tratamentos com plantas de cobertura no inverno, o que não ocorreu no tratamento em ausência de cobertura. Em seu estudo, SOUZA & MELO (2000) observaram que a manutenção dos resíduos culturais na superfície e sua posterior decomposição causaram melhorias nos atributos químicos do solo, alterando a disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica nas camadas superficiais, o que está condizente com os resultados obtidos no presente trabalho.

TEIXEIRA et al. (2003) destacaram que as gramíneas forrageiras apresentam sistema radicular bastante extenso e em constante renovação que, associado ao elevado potencial de produção de massa seca, são capazes de, em pouco tempo, alterar os níveis de matéria orgânica e nutrientes do solo.

Com relação aos teores de fósforo (P), a área que se encontrava sob a cultura da crotalária apresentou os maiores valores, comparados com o milheto, na camada de 0,0-2,5 cm. Isso pode ser devido ao maior tempo para liberação do P, pois para crotalária o $T_{1/2}$ foi de 58 dias e para o milheto foi de 135 dias. Resultados divergentes ao obtido neste estudo foram obtidos por OLIVEIRA et al. (2004), que observaram maiores teores de P na camada de 0-5,0 cm sob a cultura do milheto. Estes autores

sugeriram que isso se deve a menor necessidade do nutriente pela cultura e de sua maior capacidade de ciclagem de nutrientes.

Avaliando a decomposição de plantas de cobertura em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico na região do cerrado, COLLIER et al. (2006) detectaram acréscimos nos teores de P na camada superficial quando utilizaram crotalária.

A adição dos resíduos vegetais das plantas de coberturas do solo e sua decomposição e liberação de nutrientes, possibilitaram elevação dos valores de K e Mg e diminuição de H+Al, significativamente, na camada de 0,0-2,5 cm, em relação ao tratamento com ausência de cobertura vegetal no inverno (Tabela 11).

Tabela 12. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 2,5-5,0 cm de profundidade, em outubro de 2005, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão.

Causas de variação	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----					(%)
Coberturas do solo									
Crotalária	6,1 a	14	64	2,8 a	26	14	13 b	55,8	77
Milheto	5,9 ab	14	55	3,1 a	22	10	14 ab	49,8	71
Braquiária	6,1 a	14	59	2,0 b	29	16	12 b	59,4	78
Pousio	5,9 ab	14	55	2,7 ab	24	12	15 ab	54,0	72
Ausência de cobertura	5,8 b	14	60	2,0 b	24	10	16 a	51,5	69
dms	0,3	---	---	0,8	---	---	3	---	---
Teste F	4,52*	3,71 ^{ns}	0,99 ^{ns}	8,68**	1,66 ^{ns}	2,48 ^{ns}	4,17*	1,36 ^{ns}	3,00 ^{ns}
CV (%)	3,76	5,25	18,50	18,63	24,18	32,11	14,14	16,88	8,90
Culturas de verão									
Milho	6,0	13	63	2,5	26	14	13	55,5	75
Soja	5,9	14	54	2,7	24	11	15	52,7	71
Teste F	2,09 ^{ns}	3,7 ^{ns}	2,06 ^{ns}	0,67 ^{ns}	5,42 ^{ns}	8,25 ^{ns}	2,65 ^{ns}	4,77 ^{ns}	8,06 ^{ns}
CV (%)	6,41	15,43	32,51	30,20	11,13	20,57	19,50	7,49	6,15
Teste F (interação)	1,67 ^{ns}	5,55 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,77 ^{ns}	4,36 ^{ns}	0,55 ^{ns}	2,11 ^{ns}
CV (%)	3,49	4,68	15,84	13,85	22,05	32,00	8,48	15,88	7,85

** e * = Significativos (p<0,01 e p<0,05, respectivamente); ^{ns} = Não significativo (p<0,05). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Neste estudo as maiores concentrações de K foram observadas na camada superficial, principalmente nas parcelas com crotalária e milheto. Isso pode estar

relacionado ao manejo das plantas em junho e a coleta de solo para análise em outubro. O tratamento com ausência de cobertura foi o que apresentou os menores valores e isto se deve provavelmente ao revolvimento que foi realizado no solo, facilitando a movimentação vertical do K (Tabela 12) e do Mg (Tabela 13). OLIVEIRA et al. (2004) observaram que as gramíneas são as plantas que promovem maiores acúmulos de K no solo, na camada de 0-5 cm.

Na camada de 5-10 cm (Tabela 13) verifica-se que nas faixas cultivadas com milho os teores de P foram maiores que os cultivados com soja. Isso pode ser devido a maior quantidade de nutriente utilizado na semeadura do milho (60 kg ha^{-1}) em comparação com o utilizado na soja (40 kg ha^{-1}) e a profundidade de deposição de P durante a semeadura que é de 5-10 cm de profundidade.

Tabela 13. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 5,0-10 cm de profundidade, em outubro de 2005, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão.

Causas de variação	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	-----	-----	(mmol _c dm ⁻³)	-----	-----	(%)
Coberturas do solo									
Crotalária	5,8	13 a	68	1,8	26	8 ab	16 b	46,0	66 ab
Milheto	5,5	12 b	63	1,8	22	6 b	19 a	43,2	57 b
Braquiária	5,8	13 a	61	1,7	29	9 ab	16 b	47,6	67 ab
Pousio	5,6	13 a	62	1,9	24	6 b	18 ab	43,7	58 ab
Ausência de cobertura	5,7	13 a	57	1,9	24	10 a	16 b	50,0	68 a
dms	---	1	---	---	---	4	3	---	11
Teste F	1,88 ^{ns}	3,93*	0,86 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,66 ^{ns}	3,93*	5,89*	2,59 ^{ns}	4,74*
CV (%)	4,80	5,05	18,82	17,22	24,18	29,80	10,71	10,76	11,05
Culturas de verão									
Milho	5,8	12	69 a	1,8	26	9	16	47,5	65
Soja	5,6	13	55 b	1,9	24	7	17	44,7	61
dms	---	---	6	---	---	---	---	---	---
Teste F	1,90 ^{ns}	2,49 ^{ns}	256,04**	0,23 ^{ns}	5,42 ^{ns}	4,78 ^{ns}	1,03 ^{ns}	7,17 ^{ns}	2,36 ^{ns}
CV (%)	5,88	11,13	9,56	34,58	11,13	28,47	20,60	7,06	14,18
Teste F (interação)	0,53 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,54 ^{ns}
CV (%)	3,94	9,12	22,06	15,52	22,05	23,56	12,25	6,48	9,66

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Alguns autores comprovaram que o efeito dos resíduos vegetais de algumas coberturas sobre a dinâmica do P no SSD ocorre desde a implantação do sistema,

principalmente na camada de 0,0-5,0 cm, entretanto, os maiores efeitos são observados a longo prazo (MUZILLI, 1983; BARTZ, 1998; SÁ, 1993). Por proporcionar o acúmulo de MO, o SSD com plantas de cobertura favorece a liberação de compostos orgânicos que competem com o solo pelos sítios de adsorção, mantendo o P em formas mais disponíveis (RHEINHEIMER et al., 1998) do que naqueles em que se mobiliza o solo em ausência de plantas de cobertura.

Os valores de CTC e de V demonstram a manutenção da fertilidade do solo nas áreas com o uso de cobertura do solo, pois estas promovem o aumento da quantidade de matéria orgânica na camada superficial, o que influencia o comportamento destes atributos. BAYER & MIELNICZUK (1997) e RHEINHEIMER et al. (1998) verificaram o aumento da CTC do solo devido à elevação do teor de matéria orgânica, o que permitiu maior retenção de cátions liberados pela biomassa das culturas e reduziu sua lixiviação.

No segundo ano de avaliação, em 2006, foram observados aumentos nos teores de MO em todas as camadas avaliadas, em relação ao ano anterior (Tabelas 14 a 16).

No entanto, somente nas camadas de 0,0-2,5 e 2,5-5,0 cm ocorreram diferenças significativas entre as coberturas do solo, em que os menores valores foram observados nas parcelas com ausência de cobertura. Isso sugere que o maior contato dos resíduos das culturas de verão com o solo, que ocorreu após a incorporação destes com gradagens, acelerou o processo de decomposição, expondo o solo às oscilações climáticas, favorecendo a oxidação da MO do solo.

Na camada 0,0-2,5 cm os tratamentos com braquiária e crotalária se destacaram em relação ao tratamento com ausência de cobertura, com maiores teores médios de MO, podendo exercer efeitos positivos na CTC do solo e saturação de bases, sendo um dos mais importantes agentes cimentantes das partículas do solo no processo de agregação. Ainda na camada de 0,0-2,5 cm ocorreu diferença para o teor de MO no solo, entre as culturas de verão, observando-se maiores valores sobre a cultura do milho, provavelmente por produzir mais massa seca que soja e ter decomposição mais lenta.

Tabela 14. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 0,0-2,5 cm de profundidade, em outubro de 2006, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão.

Causas de variação	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----					(%)
Coberturas do solo									
Crotalária	6,0	20 a	57	2,3 ab	31	19	13	65,8 a	79 a
Milheto	5,9	19 ab	53	2,5 a	30	19	14	65,1 ab	78 ab
Braquiária	5,9	20 a	50	1,9 b	29	18	13	62,8 ab	79 a
Pousio	5,9	19 ab	48	2,1 ab	28	17	14	61,8 ab	77 ab
Ausência de cobertura	5,8	16 b	52	2,5 a	25	11	16	54,1 b	71 b
dms	---	3	---	0,5	---	7	--	11,6	8
Teste F	2,24 ^{ns}	5,62*	0,98 ^{ns}	5,16*	2,32 ^{ns}	4,17*	2,32 ^{ns}	3,28*	3,44*
CV (%)	2,98	9,70	19,33	14,61	14,93	27,01	12,28	11,75	6,55
Culturas de verão									
Milho	6,0	19 a	50	2,2	30	19 a	13	64,9 a	78
Soja	5,9	18 b	54	2,3	28	14 b	15	58,6 b	75
dms	---	1	---	---	---	2	---	5,5	---
Teste F	1,25 ^{ns}	19,12*	2,66 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,95 ^{ns}	56,21**	4,78 ^{ns}	13,22*	6,01 ^{ns}
CV (%)	3,34	4,43	17,92	18,03	17,79	13,45	16,33	8,89	6,14
Teste F (interação)	3,76 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,02 ^{ns}	3,53*	4,01*	1,87 ^{ns}	3,56*	3,94*
CV (%)	2,11	10,57	12,59	13,50	11,68	19,50	11,15	8,97	4,67

** e * = Significativos (p<0,01 e p<0,05, respectivamente); ^{ns} = Não significativo (p<0,05). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Alguns estudos evidenciaram que o acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo influencia o comportamento do pH e nutrientes, refletindo em alterações nos valores da CTC e da saturação por bases do solo. Isso ocorre pela maior retenção de cátions liberados pela decomposição dos resíduos das coberturas nesta camada superficial além da matéria orgânica do solo reduzir a lixiviação de nutrientes (BAYER & MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998; CHUEIRI & VASCONCELLOS, 2000). ELTZ et al. (1989) observaram na região Sul que o SSD só aumentou significativamente o teor de matéria orgânica no primeiro centímetro de profundidade. Entretanto, no presente estudo observaram-se os maiores teores de MO na camada de 0,0-2,5 cm (Tabela 14).

Com relação ao K, na camada de 0,0-2,5 cm (Tabela 14), ocorreram diferenças significativas entre as coberturas avaliadas em que os menores valores foram encontrados nas parcelas com braquiária e os maiores para milheto. Deve-se ressaltar

que por ocasião da coleta de amostras de solo, a braquiária estava em pleno desenvolvimento vegetativo, extraindo e acumulando K. ERNANI et al. (2007) destacam que nesta fase a absorção deste elemento pela gramínea é intenso devido a maior disponibilidade de água e crescimento radicular, resultando na exploração de maior volume de solo, diminuindo a distância a ser percorrida pelo nutriente tanto por difusão como por fluxo de massa.

O milheto acumulou quantidades equivalentes de K (Tabela 7), porém o manejo ocorreu em junho e grande parte deste elemento já havia sido liberado pelos resíduos vegetais, podendo ser essa a causa da diferença de teores de K no solo entre as gramíneas.

Houve interação entre as coberturas do solo e as culturas de verão para Ca, Mg, CTC e V na camada de 0,0-2,5 cm (Tabela 15). Ocorreu maiores teores de Ca e Mg e, conseqüentemente, maiores valores de CTC e V no solo das parcelas com milheto sobre milho, quando comparados aos resíduos vegetais sobre soja. Isto provavelmente ocorre devido à lenta decomposição dos resíduos destas gramíneas e liberação de nutrientes, mantendo estes elementos na superfície do solo. O solo das parcelas com braquiária sobre resíduos de milho também apresentaram maiores valores de Mg que sobre resíduos de soja. Quando a planta de cobertura foi a crotalária sobre milho, ocorreu maiores valores para Mg e CTC.

Observa-se para Ca, Mg, CTC e V, que os menores valores resultaram do tratamento em ausência de cobertura sobre milho. Isto pode estar relacionado aos menores valores de matéria orgânica nas parcelas em ausência de cobertura, associados com a alta absorção de nutrientes pela cultura do milho. O comportamento dos teores de Ca e Mg nos solos são variáveis devido a fatores ambientais, classe de solo, seqüência e adubação de culturas, e mobilidade de cada elemento no solo (ALMEIDA et al., 2005).

Tabela 15. Desdobramento da interação entre as coberturas do solo x cultura de verão sobre os atributos químicos do solo (Ca, Mg e CTC - $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$; V%) avaliados na camada 0,0-2,5 cm em 2006.

Culturas de verão	Coberturas do solo					F
	crotalária	milheto	braquiária	pousio	Ausência de cobertura	
Cálcio						
Milho	33 a	34 Aa	28 ab	30 ab	23 b	4,85**
Soja	30	26 B	29	27	27	0,71 ^{ns}
F	1,51 ^{ns}	6,87*	0,01 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,32 ^{ns}	
Magnésio						
Milho	23 Aa	24 Aa	22 Aa	19 a	11 b	7,45**
Soja	15 B	14 B	15 B	16	12	0,79 ^{ns}
F	18,30**	26,61**	11,54**	1,28 ^{ns}	0,25 ^{ns}	
CTC						
Milho	71,3 Aa	72,6 Aa	65,0 ab	63,9 ab	51,8 b	6,53*
Soja	60,4 B	57,6 B	59,0	59,7	56,4	0,25 ^{ns}
F	7,80*	14,78**	2,36 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,36 ^{ns}	
V						
Milho	82 a	83 Aa	80 a	79 a	69 b	6,13**
Soja	77	72 B	77	75	73	1,08 ^{ns}
F	2,86 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,87 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,40 ^{ns}	

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Percebe-se pelos resultados apresentados na Tabela 16 que ocorreu diferenças significativas para pH e MO na camada de 2,5-5,0 cm. Alguns autores destacam que o maior acúmulo de MO sempre ocorre nas camadas superficiais e diminui com a profundidade (SÁ, 1993; TOMÉ JR. 1997). FLORES (2008) em seu estudo com coberturas vegetais também constatou a importância do sistema radicular da maioria dos vegetais no aumento dos teores de MO do solo.

SOUZA & MELO (2000) estudando sistemas de manejo associadas a plantas de cobertura em pré-safra, em Jaboticabal, observaram que os diferentes sistemas não causaram alterações no teor de MO nas camadas avaliadas. Entretanto, no presente estudo, os teores de MO na camada de 0,0–5,0 cm (Tabelas 14 e 16) foram superiores aos da camada de 5,0–10,0 cm (Tabela 17), nos tratamentos com plantas de cobertura do solo.

Tabela 16. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 2,5-5,0 cm de profundidade, em outubro de 2006, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão.

Causas de variação	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	-----	-----	(mmol _c dm ⁻³)-----	-----	-----	(%)
Coberturas do solo									
Crotalária	6,0 a	18 a	46	2,6	28	16	13	60,4	77
Milheto	5,8 ab	17 ab	43	2,7	27	16	14	59,2	75
Braquiária	6,0 a	17 ab	45	2,0	28	17	13	61,0	78
Pousio	5,8 ab	16 ab	43	2,3	25	14	15	56,0	73
Ausência de cobertura	5,7 b	15 b	51	2,5	23	10	15	51,0	70
dms	0,3	3	---	---	---	---	---	---	---
Teste F	3,33*	4,47*	0,84 ^{ns}	2,51 ^{ns}	2,12 ^{ns}	2,79 ^{ns}	1,82 ^{ns}	2,34 ^{ns}	2,42 ^{ns}
CV (%)	2,93	7,98	21,79	20,84	16,83	31,69	12,83	13,35	7,87
Culturas de verão									
Milho	5,9	16	44	2,5	28	18 a	14	61,8 a	76
Soja	5,8	17	47	2,3	25	12 b	14	53,3 b	73
dms	---	---	---	---	---	2	---	3,2	---
Teste F	0,69 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,50 ^{ns}	4,75 ^{ns}	132,69**	0,10 ^{ns}	72,51**	3,10 ^{ns}
CV (%)	4,55	8,22	32,47	29,72	16,00	10,79	20,93	5,49	8,19
Teste F (interação)	0,54 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,88 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,87 ^{ns}
CV (%)	3,27	4,38	19,44	19,13	14,88	29,32	8,68	12,22	6,37

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

No ano de 2006 os teores de P nas camadas de 0,0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-10,0 cm do solo diminuíram quando comparados a 2005 (Tabela 14 a 17). Isto possivelmente pode ter ocorrido devido à maior disponibilização do P pela mineralização dos resíduos vegetais anterior à coleta das amostras de solo, possibilitando maior extração pelas culturas de verão, podendo o P estar adsorvido à MO do solo.

Com relação ao K, na camada de 5-10 cm (Tabela 17), ocorreram diferenças significativas entre as coberturas avaliadas. Os menores valores foram obtidos para braquiária e os maiores em ausência de cobertura, o que se assemelha aos valores obtidos na camada de 0,0-2,5 cm (Tabela 14).

Tabela 17. Atributos químicos do solo, avaliados na camada 5,0-10 cm de profundidade, em outubro de 2006, para as diferentes coberturas do solo e culturas de verão.

Causas de variação	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
	(CaCl ₂)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	----- (mmol _c dm ⁻³) -----					
Coberturas do solo									
Crotalária	5,7	16	52	2,5 a	22	11	16	52,0	69
Milheto	5,6	15	49	2,3 ab	20	10	17	49,2	66
Braquiária	5,8	16	52	1,8 b	24	12	16	54,0	70
Pousio	5,7	15	42	2,2 ab	22	11	16	51,0	68
Ausência de cobertura	5,7	16	48	2,6 a	23	10	15	51,0	70
dms	---	---	---	0,6	---	---	---	---	---
Teste F	0,89 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,02 ^{ns}	4,90*	1,89 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,99 ^{ns}	0,74 ^{ns}
CV (%)	4,12	10,37	23,33	15,99	13,08	21,12	13,30	6,82	8,59
Culturas de verão									
Milho	5,7	15	46	2,3	21	12	16	51,2	68
Soja	5,7	16	51	2,2	23	10	16	51,6	69
Teste F	0,07 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,23 ^{ns}	7,37 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,96 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}
CV (%)	6,17	10,75	31,39	4,87	28,70	27,08	16,45	12,61	12,99
Teste F (interação)	1,50 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,35 ^{ns}	1,42 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,96 ^{ns}
CV (%)	2.19	9.27	18.13	21.29	11.91	11.47	7.10	5.99	4.90

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.6 – Atributos físicos do solo: densidade, porosidade e agregação

Observa-se pelos resultados da Tabela 18 que não ocorreram diferenças significativas para os atributos físicos avaliados em função das culturas de verão. Entretanto, estas diferenças ocorreram entre as coberturas do solo na camada de 0,0-5,0 cm para a densidade do solo (Ds), macro porosidade e volume total de poros.

Na camada de 0,0-2,5 cm, a Ds foi menor no tratamento em ausência de cobertura quando comparado aos outros tratamentos que não diferiram entre si. Para a Ds em 2006, observa-se que os valores dos tratamentos sob pousio e braquiária apresentaram valores semelhantes aos das parcelas em ausência de cobertura. Isto sugere que a ação do sistema radicular, ao se decompor, atua na formação de bioporos, como descrito por ELTZ et al. (1989). Além disso, o sistema radicular das gramíneas é mais denso e melhor distribuído o que favorece a ligação entre partículas

minerais do solo e agregados, formando novos agregados e auxiliando na sua estabilização (SILVA & MIELNICZUCK, 1997). Neste estudo, os acréscimos de MO pelo contínuo aporte de resíduos nos tratamentos com plantas de cobertura no inverno promoveu aumentos nos valores de macroporosidade.

Tabela 18. Atributos físicos do solo avaliados nas camadas 0,0-5,0 e 5,0-10,0 cm de profundidade após soja ou milho em 2004 e 2006.

Causas de variação	-----2004-----				-----2006-----			
	Ds	Ma	Mi	VTP	Ds	Ma	Mi	VTP
	(g cm ⁻³)		(dm ³ dm ⁻³)		(g cm ⁻³)		(dm ³ dm ⁻³)	
Camada 0,0-5,0 cm								
Coberturas do solo								
Crotalária	1,53 a	0,16 ab	0,26	0,42 b	1,50 ab	0,15	0,26	0,42
Milheto	1,51 a	0,17 ab	0,25	0,42 b	1,52 a	0,14	0,26	0,41
Braquiária	1,50 a	0,16 ab	0,25	0,41 b	1,48 ab	0,16	0,27	0,43
Pousio	1,56 a	0,14 b	0,26	0,40 b	1,52 a	0,14	0,27	0,41
Ausência de cobertura	1,40 b	0,20 a	0,25	0,45 a	1,43 b	0,18	0,27	0,45
CV (%)	4,24	16,60	4,21	4,73	3,39	16,95	6,81	6,46
Culturas de verão								
Milho	1,50	0,17	0,25	0,42	1,49	0,17	0,27	0,42
Soja	1,49	0,17	0,25	0,42	1,49	0,16	0,27	0,42
CV (%)	1,65	5,45	1,61	1,84	5,45	17,41	8,60	6,64
Teste F (interação)	0,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,45 ^{ns}
CV (%)	3,47	14,26	3,16	4,09	4,23	20,39	9,29	6,70
Camada 5,0-10,0 cm								
Coberturas do solo								
Crotalária	1,47	0,15	0,25	0,41	1,54	0,14	0,25	0,40
Milheto	1,56	0,15	0,25	0,41	1,57	0,14	0,25	0,39
Braquiária	1,47	0,18	0,24	0,43	1,54	0,14	0,26	0,40
Pousio	1,47	0,18	0,24	0,42	1,57	0,13	0,25	0,39
Ausência de cobertura	1,50	0,18	0,24	0,42	1,57	0,13	0,26	0,39
CV (%)	4,98	21,79	4,14	7,44	2,11	13,63	3,03	3,62
Culturas de verão								
Milho	1,52	0,17	0,25	0,42	1,57	0,13	0,26	0,39
Soja	1,51	0,17	0,25	0,41	1,54	0,14	0,25	0,40
CV (%)	3,69	18,52	2,94	6,55	3,88	18,05	4,35	3,45
Teste F (interação)	1,08 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,80 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,15 ^{ns}
CV (%)	1,80	8,44	2,36	2,84	2,32	15,11	2,24	4,26

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Ds = densidade do solo; Ma = macroporos; Mi = microporos; VTP = volume total de poros

SILVEIRA et al. (2008) destacam que o sistema de semeadura direta contínuo promove aumentos na densidade do solo e na microporosidade e diminuições na macro

porosidade e porosidade total do solo. Entretanto, a densidade tende a diminuir com o passar do tempo quando se utilizam plantas de cobertura do solo no inverno. No presente estudo não se verificou diferenças significativas devido a área experimental estar em SSD há mais de 6 anos.

Avaliando sistemas de preparo nas propriedades físicas do solo, FALLEIRO et al. (2003) constataram que no SSD a densidade do solo foi superior aos tratamentos que revolveram o solo (arado e grade).

Para o atributo macroporosidade e volume total de poros, apenas em 2004 foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Nas parcelas em pousio (Tabela 18) observou-se o menor valor de macroporos, enquanto que nas parcelas em ausência de cobertura do solo ocorreu maior valor médio no volume total de poros, o que se repetiu em 2006.

Segundo CAMARGO & ALLEONI (1997), os macroporos são os caminhos preferenciais para o crescimento das raízes e a diminuição desses prejudica o desenvolvimento radicular das plantas.

Os valores de macroporosidade obtidos neste estudo variaram de 0,14 a 0,20 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ no ano de 2005, enquanto que em 2006 variaram de 0,13 a 0,18 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

Em relação à estabilidade dos agregados em água, a análise da variância indicou que houve diferença significativa desse atributo entre as coberturas do solo, apenas em 2006, independente das culturas de verão, em todas as camadas (Tabela 19).

Na camada de 0,0-2,5 cm, as parcelas com ausência de cobertura foram aquelas que apresentaram os menores valores de estabilidade dos agregados. Nas três camadas avaliadas, nas parcelas com ausência de cobertura do solo, a estabilidade dos agregados foi em média 45% menor do que a obtida nos tratamentos com cobertura do solo. Essa maior estabilidade pode ser relacionada aos tratamentos que produziram mais massa seca no inverno que ao se decompor formam a MO que é um dos mais importantes agentes cimentantes na manutenção da estabilidade dos agregados. Entretanto, pode-se observar que esta estabilidade decresceu com a profundidade para todas as coberturas avaliadas, o que reforça a necessidade de

manter os resíduos sobre o solo.

Tabela 19. Estabilidade de agregados em água, avaliada nas camadas de 0,0-2,5; 2,5-5,0 e 5,0-10,0 cm de profundidade após soja ou milho em 2004 e 2006.

Causas de variação	2004	2006	2004	2006	2004	2006
	----- (%) -----		----- (%) -----		----- (%) -----	
	Camada 0,0-2,5 cm		Camada 2,5-5,0 cm		Camada 5,0-10,0 cm	
Coberturas do solo						
Crotalária	24,08	25,57 a	15,79	13,86 a	9,90	10,42 a
Milheto	24,76	25,51 a	15,11	13,24 a	9,60	6,96 ab
Braquiária	23,47	25,19 a	14,88	13,75 a	7,85	10,17 a
Pousio	21,62	22,09 a	15,27	11,09 ab	7,94	7,39 ab
Ausência de cobertura	13,44	10,79 b	12,20	7,74 b	8,26	3,94 b
dms	---	7,60	---	4,59	---	4,38
Teste F	2,26 ^{ns}	13,58**	0,62 ^{ns}	6,52**	0,59 ^{ns}	7,50**
CV (%)	40,68	22,04	18,50	24,14	42,34	35,33
Culturas de verão						
Milho	23,04	19,66	14,52	10,95	8,02	7,83
Soja	19,90	23,60	14,57	12,92	9,40	7,72
Teste F	1,10 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,63 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,06 ^{ns}
CV (%)	43,96	41,40	45,82	32,14	53,39	18,56
Teste F (interação)	2,21 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,87 ^{ns}	2,37 ^{ns}
CV (%)	25,37	25,43	32,39	23,29	35,11	20,04

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os maiores valores da estabilidade dos agregados observados nas camadas superficiais (Tabela 19) podem ser devidos, ao aumento do aporte de C e N proporcionados pela adição de resíduos vegetais, principalmente nas coberturas com braquiária e crotalária, o que é concordante com os resultados obtidos por LOVATO et al. (2004).

SILVA & MIELNICZUK (1997 a, b) destacam que os efeitos benéficos das plantas de cobertura do solo, em parte, podem ser atribuídos, principalmente, à alta densidade de raízes das gramíneas que promovem a aproximação de partículas pela constante absorção de água, às periódicas renovações do sistema radicular e à distribuição dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana e, ainda, a rotação de culturas que propicia uma alternância no tipo, tamanho de raízes e material orgânico liberado.

O tratamento em ausência de cobertura do solo promoveu redução na estabilidade dos agregados em todas as camadas avaliadas em 2006, possivelmente devido ao maior revolvimento contínuo ocorrido ao longo dos anos de cultivo. Esses resultados indicam que nos sistemas em que se utilizam plantas de cobertura do solo ocorre maior resistência do solo à desagregação, devido à manutenção dos resíduos vegetais, que protegem a superfície do solo contra os agentes erosivos.

ELTZ et al. (1989) avaliaram os efeitos de cinco sistemas de preparo do solo durante sete anos e meio em solo argiloso e verificaram que o SPC contínuo não alterou significativamente as propriedades físicas e químicas avaliadas. Entretanto, constataram que o SSD contínuo aumentou significativamente a estabilidade dos agregados na camada de 0-5,0 cm. No presente estudo os maiores valores de estabilidade de agregados foram obtidos nos tratamentos com plantas de cobertura do solo.

A adição de MO pelos resíduos vegetais evidenciadas na Tabela 14, nos tratamentos com plantas de cobertura em relação ao tratamento em ausência de cobertura, promoveram maior estabilidade dos agregados em água. No SSD a maior estabilidade dos agregados pode ser atribuída à decomposição microbiana dos resíduos vegetais, o que resulta em ligantes orgânicos (CASTRO FILHO et al., 1998) e no aumento da população de fungos que, através de suas hifas, contribuem para elevar a estabilidade estrutural (OADES, 1984), principalmente, na camada superficial que está em contato com os resíduos vegetais (ALBUQUERQUE et al., 1994).

No período de avaliação deste estudo, não foram evidenciadas alterações expressivas nos atributos físicos e químicos do solo. É possível que isso se deva ao tempo que a área se encontra sob SSD. Conforme destacado por CRUZ et al. (2003), é necessário um tempo mínimo de cinco anos para que ocorra a estabilização das alterações provocadas pelo não revolvimento do solo para atributos químicos e, um tempo semelhante ou maior para que se constatem melhorias nos atributos físicos, dependendo da classe textural.

4.7 – Produção das culturas de verão

4.7.1 – Estado nutricional do milho e da soja

Conforme apresentado nas Tabelas 20 e 21, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, para os teores de macronutrientes das folhas de milho e soja.

O estado nutricional das plantas avaliadas em floração pode ser utilizado como balizador de eventuais diferenças de produtividade entre os tratamentos. A literatura apresenta faixas de suficiência para macronutrientes a partir de determinações de longo prazo para a maioria das culturas comerciais. No Brasil, os valores sugeridos por CANTARELLA et al. (1996), para a cultura do milho e por AMBROSANO et al. (1996) para a cultura da soja são os mais utilizados.

No presente estudo, todos os valores dos teores foliares da cultura do milho encontram-se dentro da faixa de suficiência descrita por CANTARELLA et al. (1996). As diferenças estatísticas observadas são na prática consideradas pequenas e não foram observados, visualmente, sintomas de deficiência.

No ano de 2005/06, o maior teor de P nos tecidos foliares do milho no tratamento com braquiária, talvez possa ser justificado pelo maior acúmulo (Tabela 7) e a liberação de metade deste nutriente acumulado ter ocorrido até 87 dias após a dessecação (Tabela 9). Este valor para P, quando comparado ao milheto, foi estatisticamente diferente, pois o milheto produziu menos massa seca e acumulou menos P. Entretanto, apresentou um $T_{1/2}$ de 135 dias, podendo neste período ter sido utilizado pela biota do solo. A taxa de liberação de P tem mostrado valores diferenciados de $T_{1/2}$, em função do clima e época de semeadura das plantas. MORAES (2001) observou que para o milheto manejada no início do período chuvoso, o $T_{1/2}$ foi de 43 dias para P em Lavras-MG, enquanto que GAMA-RODRIGUES et al. (2007) em Campos-RJ, observaram que para braquiária manejada no período seco, o $T_{1/2}$ foi de 112 dias.

Os maiores teores foliares de Ca e Mg encontrados no milho, no tratamento em ausência de cobertura, pode ser devido a não utilização destes nutrientes durante o inverno, ficando disponível para a cultura do milho.

Em 2006/07 (Tabela 20), os menores teores de N, P e K foram encontrados nas plantas de milho cultivados sobre braquiária. Esta constatação está relacionada aos menores $T_{1/2}$ da liberação de nutrientes desta cobertura (Tabela 10), que ocorreu antes do momento de maior necessidade do milho.

Tabela 20. Teores foliares dos macronutrientes (g kg^{-1}) na cultura do milho amostradas em janeiro de 2006 e de 2007.

Causas de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
----- 2005/06 -----						
Coberturas do solo						
Crotalária	26,9	2,5 ab	18,4	4,4 b	1,5 ab	1,8
Milheto	28,8	2,3 b	17,8	4,1 b	1,5 ab	1,9
Braquiária	31,4	2,8 a	18,8	4,2 b	1,6 ab	2,0
Pousio	29,3	2,4 ab	17,8	4,7 ab	1,4 b	1,9
Ausência de cobertura	30,8	2,6 ab	19,3	5,6 a	1,8 a	2,1
dms	---	0,4	---	1,0	0,4	---
Teste F	2,24 ^{ns}	4,01*	0,99 ^{ns}	8,13**	3,55**	3,07 ^{ns}
CV (%)	7,97	7,68	7,25	9,23	10,66	7,54
----- 2006/07 -----						
Coberturas do solo						
Crotalária	32,0 a	3,2 a	19,3 ab	5,4	1,7	2,1
Milheto	32,2 a	2,9 b	18,2 ab	5,3	1,7	2,3
Braquiária	30,7 b	2,8 b	17,7 b	5,2	1,8	2,1
Pousio	32,4 a	2,9 b	19,1 ab	5,2	1,8	2,1
Ausência de cobertura	32,6 a	2,9 b	19,7 a	5,3	1,7	2,3
dms	1,6	0,3	1,8	---	---	---
Teste F	4,43*	9,08**	4,28**	0,99 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,94 ^{ns}
CV (%)	2,28	3,85	4,35	4,32	12,35	8,84
Faixa de suficiência ⁽¹⁾	20-34	2,1-3,30	15-30	2,5-10,0	1,5-4,0	1,5-3,0

⁽¹⁾ Valores sugeridos por CANTARELLA et al. (1996). ** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para a cultura da soja os teores de macronutrientes também estão dentro da faixa de suficiência (Tabela 21), sugerida por AMBROSANO et al. (1996). Apenas para K foram detectadas diferenças significativas, com maior teor foliar no tratamento em ausência de cobertura, no primeiro ano. Este comportamento está relacionado à adubação mineral na semeadura, mobilidade do elemento no perfil do solo, ao revolvimento do solo e principalmente às chuvas. No segundo ano de cultivo da soja

não se constatou diferenças significativas nos teores foliares dos macronutrientes entre os tratamentos, o que pode ser justificado pelo equilíbrio nutricional observado.

Tabela 21. Teores foliares dos macronutrientes (g kg^{-1}) na cultura da soja amostradas em janeiro de 2006 e de 2007.

Causas de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
----- 2006 -----						
Coberturas do solo						
Crotalária	45,9	2,8	19,8 b	11,5	3,5	2,6
Milheto	44,4	2,5	20,2 b	10,9	3,2	2,5
Braquiária	48,2	2,9	19,8 b	11,3	3,3	2,9
Pousio	44,6	2,5	19,7 b	10,2	3,0	2,7
Ausência de cobertura	48,3	3,0	23,9 a	12,5	3,6	2,6
dms	---	---	3,4	---	---	---
Teste F ⁽²⁾	0,88 ^{ns}	2,44 ^{ns}	5,75**	1,87 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,49 ^{ns}
CV (%)	7,79	10,73	7,29	11,11	12,64	14,43
----- 2007 -----						
Coberturas do solo						
Crotalária	48,6	3,4	20,7	11,9	4,0	3,1
Milheto	47,6	3,2	20,8	11,6	4,0	2,6
Braquiária	49,5	3,5	21,2	10,8	4,0	2,6
Pousio	49,6	3,4	22,3	11,3	3,9	3,0
Ausência de cobertura	48,5	3,4	21,8	11,6	3,8	3,1
Teste F ⁽²⁾	0,43 ^{ns}	1,21 ^{ns}	2,45 ^{ns}	2,53 ^{ns}	0,98 ^{ns}	2,63 ^{ns}
CV (%)	4,95	5,46	3,95	4,78	4,37	12,13
Faixa de suficiência ⁽¹⁾	40-54	2,5-5,0	17-25	4-20	3-10	2,1-4,0

⁽¹⁾ Valores sugeridos por de AMBROSANO et al. (1996) ⁽²⁾. ** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.7.2 - Produtividade de milho e da soja

Com relação à produtividade do milho verificou-se que os valores apresentados na Tabela 22 foram próximos à média registrada para a região do Triângulo Mineiro, a qual foi estimada em $6,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ pela CONAB (2008).

Neste estudo, a produção de matéria seca, acúmulo de nutrientes pelas plantas de cobertura e liberação dos nutrientes de seus resíduos, promoveram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Contudo, não foram suficientes para

causarem diferenças estatísticas entre os tratamentos na produtividade de soja e milho (Tabelas 23 e 24), que talvez possa ser justificada pela adubação utilizada, que foi planejada para uma produtividade de 7,0 Mg ha⁻¹ de grãos para milho e 2,5 a 4,0 Mg ha⁻¹ de grãos para soja.

Tabela 22. Produtividade de grãos de milho (kg ha⁻¹) e massa de 100 grãos (g), sobre coberturas do solo.

Safra	04/05	05/06	06/07
Coberturas do solo	----- Produtividade -----		
Crotalária	8036	6827	7170
Milheto	6922	7124	6625
Braquiária	6750	5899	6658
Pousio	6653	7150	6760
Ausência de cobertura	7197	6200	7294
dms	2834	1625	739
F	0,78 ^{ns}	2,45 ^{ns}	2,82 ^{ns}
CV (%)	17,68	10,85	4,72
	----- Massa de 100 grãos -----		
Crotalária	34,74	31,50	30,64
Milheto	35,77	30,81	28,30
Braquiária	34,41	32,00	29,75
Pousio	34,44	30,24	30,68
Ausência de cobertura	34,42	30,58	30,15
dms	1,95	2,88	2,45
F	1,82 ^{ns}	1,20 ^{ns}	3,21 ^{ns}
CV= 3,3 %	2,49	4,11	3,64

** e * = Significativos (p<0,01 e p<0,05, respectivamente); ^{ns} = Não significativo (p<0,05).

SÁ (1993) destaca que ao se cultivar gramínea como planta de cobertura em sucessão com outra gramínea deve-se efetuar um maior aporte de adubação nitrogenada para que não ocorra diminuição na produtividade de grãos.

Neste estudo as quantidades de N acumulados e liberados pelas coberturas do solo se mostraram insuficientes para atingir a meta de produção de milho estabelecida. Portanto, a adição total de N mineral proporcionada pela adubação de semeadura e em cobertura (120 kg ha⁻¹) supriu as necessidades da cultura, independente das

quantidades liberadas pelas coberturas do solo. CORÁ (2006) em Jaboticabal-SP obteve maiores produtividades de milho quando cultivado em sucessão ou rotação com leguminosas.

Com relação à massa de 100 grãos de milho, também não ocorreram diferenças entre as coberturas avaliadas. Ocorreram decréscimos neste parâmetro nas safras seguintes, principalmente sobre as gramíneas (braquiária e milheto), mesmo ocorrendo a rotação com a soja no verão. Esse fato pode ser atribuído ao período de veranico observado entre os dias 7 e 28 de janeiro de 2006, quando as chuvas acumuladas neste período foram inferiores a 5 mm, embora o total de chuvas para o mês tenha sido próximo de 250 mm, concentradas na primeira e última semana.

Com relação à produtividade da soja percebe-se pela Tabela 24 comportamento semelhante ao milho, não havendo diferenças significativas dentro de cada ano.

Tabela 23. Produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) e massa de 100 grãos (g), sobre coberturas do solo.

Safr	04/05	05/06	06/07
Coberturas do solo	----- Produtividade -----		
Crotalária	4041	3324	4857
Milheto	3264	2978	3978
Braquiária	3593	3114	4923
Pousio	3179	2763	4838
Ausência de cobertura	3999	2916	4726
F	1,28 ^{ns}	1,92 ^{ns}	2,88 ^{ns}
CV (%)	19,63	10,15	9,86
	----- Massa de 100 grãos -----		
Crotalária	18,15	14,82	21,58
Milheto	18,47	14,80	21,16
Braquiária	18,01	14,67	22,00
Pousio	18,24	14,38	21,80
Ausência de cobertura	18,03	14,50	22,00
F	0,82 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,80 ^{ns}
CV (%)	3,92	3,64	3,25

** e * = Significativos ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente); ^{ns} = Não significativo ($p < 0,05$).

Durante este veranico a cultura da soja estava em pleno florescimento. Este fato acarretou redução da produtividade em todos os tratamentos neste ano, mantendo-se

próximo da média regional que é de $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ (CONAB, 2008). Na safra 2006/2007, com distribuição de chuvas adequadas, todos os tratamentos apresentaram maiores produtividades.

Na safra 2006/2007, com relação à massa de 100 grãos de soja, o comportamento foi diferente do observado no milho, pois a maior massa observada ocorreu no terceiro ano de estudo. AMADO (2000) destaca que a estabilização dos teores de nutrientes no solo pode implicar no aumento ou manutenção dos níveis de produtividade no decorrer das safras agrícolas.

TORRES (2003) observou que as maiores produtividades de milho foram obtidas, no ano agrícola 2000/2001, sobre os resíduos de leguminosas (guandu e crotalária), enquanto que para a soja foram obtidas quando esta foi cultivada sobre gramíneas (milheto e braquiária). No ano agrícola 2001/2002 a maior produtividade do milho foi obtida sobre crotalária e a menor sobre aveia, não se detectando diferenças na produtividade da soja cultivada sobre as outras coberturas. Contudo no presente trabalho as coberturas do solo não afetaram a produtividade de milho e soja.

5- CONCLUSÕES

- 1 - Maiores teores de lignina e celulose das plantas de cobertura diminuíram as taxas de decomposição dos resíduos vegetais.
- 2 – Houve aumento dos teores de matéria orgânica na camada de 0,0-2,5 cm do solo nos tratamentos com plantas de cobertura do solo.
- 3 – O uso de plantas de cobertura aumentou a estabilidade dos agregados em água na camada de 0,0-10,0 cm.
- 4 – Não houve evidências de alteração da densidade, porosidade e dos atributos químicos do solo influenciados pelas plantas de cobertura.
- 5 – As plantas de cobertura não influenciaram o estado nutricional e produtividade de milho e soja em rotação.

6 – REFERÊNCIAS

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; ROS, C.O. da. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.157–165, 2001.

ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E. Variação temporal da estabilidade estrutural em podzólico vermelho-amarelo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.2, p.275-280, 1994.

ALMEIDA, J. A.; BERTOL, I. LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.437-445, 2005.

AMABILE; R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.

AMADO, T.J.C.; SANTI, A.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II – Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1085–1096, 2003.

AMADO, T.J.C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 105-111.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Amostragem foliar da cultura da soja. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura do solo em pré-safra a cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78f. Tese (Livre Docência). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

BARTZ, H. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R. (Coord.) **Plantio direto em solos arenosos**: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária. Santa Maria: UESM, 1998. p. 52-81.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, p.101-109, 2000.

BERTIN, E.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. **Acta Scientiarum**, Londrina, v.27, p.379-386, 2005.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência de resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.705 – 712, 1998.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p. 555-560, 2001.

BERTOLINI, E.V.; GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H. Desempenho da cultura do milho em diferentes manejos do solo sobre cobertura vegetal de nabiça (*Raphanus raphanistrum* L). **Energia na Agricultura**. Botucatu, vol. 21, n.1, p.34-49, 2006.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Particle density. In: Klute, A., (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2nd. Madison: American Society of Agronomy, 1986, p. 363-375.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L.; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p.843 – 851, 2008.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, p.449 – 457, 2000.

BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA P. M.; KLIEMANN, H.J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34 n.2, p.83-87, 2004.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p.87 – 98, 2006.

CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.1, p.99-108, 2005.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. de O. Amostragem foliar da cultura do milho. In: 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. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

CARNEIRO, M.A.C.; CORDEIRO, M.A.S.; ASSIS, P.C.R.; MORAES, E.S.; PEREIRA, H.S.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.455-462, 2008.

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

CARVALHO, M. A. C.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; SÁ, M. E.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de semeadura direta e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1141-1148, 2004b.

CASTRO FILHO, C., MUZILLI, O., PADANOSCHI A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p.527–538, 1998.

CAZZETA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milheto e crotalária. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 27, n.4, p. 575–580, 2005.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Sistemas de preparo do solo de cerrado: efeitos nas propriedades físicas e na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p. 315-324, 1992.

CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas para o milho em sucessão nos sistema de cultivo mínimo e

convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.215-220, 1994.

CHUEIRI, W.A.; VASCONCELLOS, H.P. Dinâmica de nutrientes no plantio direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – harmonia do homem com a natureza, desafio do 3º milênio, 7., 2000, Foz do Iguaçu/PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2000. p. 129-130.

COLLIER, L. S.; CASTRO, D. V.; DIAS NETO, J. J.; BRITO, D. R.; RIBEIRO, P. A. A. Manejo da adubação nitrogenada para milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1100-1105, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**: décimo levantamento, julho 2008 / CONAB – Brasília: Conab, 2008.

CORÁ, J.E. **Sistema de semeadura direta na região do município de Jaboticabal, SP: efeitos em atributos do solo e produtividade de culturas**. 2006. 87 f. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, p. 527-535, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, p.1553- 1560, 2007.

CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A.; SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1105-1112, 2003.

DAROLT, M.R. Princípios para manutenção e implantação do sistema. In: DAROLT, M.R. **Plantio direto**: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p. 16–45 (circular 101).

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

DERPSCH, R.; BENITES, J. R. Agricultura conservacionista no mundo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15ª, 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM.

ELTZ, F.L.P.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.259–267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja: Recomendações técnicas para o Mato Grosso do Sul e Matogrosso**. Dourados: EMBRAPA / CPAD / Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste, 1996. 157 p. (Circular Técnica 3).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA/SCNLS) – **Manual de métodos de análise de solos**. 2ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

ENWESOR, W.O. Significance of the C: organic P ratio in mineralization of soil organic phosphorus., **Soil Science**, Baltimore, v. 103, n. 1, 1976.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 562-570.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, L. de; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Composição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.321-328, 2006.

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

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; PENARIOL, F.G.; NASCIMENTO, E.S. Desempenho da cultura do milho em função de épocas de semeadura e do manejo de corte da parte aérea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.3, p.391-401, 2004.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP -. **Evolução do plantio direto no Brasil**. Disponível em <<http://www.febrapdp.org.br/port/plantiodireto.html>> . Acesso em: 07 ago. 2008.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Palestras...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FLORES, J.P.C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistema de manejo**. 2008, 114 f. (Doutorado – UFRGS), Porto Alegre, 2008.

FOX, R.H.; MYERS, R.J.; VALLIS, I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin and nitrogen contents. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.129, p. 251-259, 1990.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de cultura em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.1421-1428, 2007.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J., Plant litter quality and decomposition: An historical Overview. In: GADISCH, G.; GILLER, K., Ed. **Driven B. Nature**: plant litter quality and decomposition, Wallingford, UK: CAB International, 1997. p. 3 – 32.

HEINRICHS, R.; AITA,C.; AMADO,T.J.C.; FANCELLI,A .L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da resíduo vegetal e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 331 – 340, 2001.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SALTON, J.C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93p.

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

HOLTZ, G.P.; SÁ, J.C. de M. Resíduos culturais: Reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA SEMEADURA DIRETA, 1995, Castro/PR. **Anais**. Ponta Grossa: Fundação ABC, 1996. p. 14 – 30.

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

IKEDA, F.S.; MITJA, D.; VILELA, L.; CARMONA, R. Banco de sementes no solo em sistemas de cultivo lavoura-pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, p.1545-1551, 2007.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H.P. dos; DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Influência de rotações de culturas no estoque de carbono e nitrogênio do solo sob semeadura direta e preparo convencional. **Agronomia**, Seropédica, v.37, n.2, p.91- 97, 2003.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.425-442.

KLIEMANN, J.H.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P. M.da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.21-28, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C.M.; FERRARO, L.A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em semeadura direta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.97-104, 2000.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal Soil and Water Conservation**. Ankeny, v.36, p. 341-343, 1981.

LAL, R.; LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A., (Ed.) **Soil management greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.293-307.

LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema semeadura direta e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio total e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.95-110, 2004.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Recomendação de adubação para a cultura da soja. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. rev. atual. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

MATTA-MACHADO, R.P.; NEELY, C.L.; CABRERA, M.L. Plant residue decomposition and nitrogen dynamics in an alley cropping and an annual legume-based cropping system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, p. 3365-3378, 1994.

McDONAGH, J.F.; TOOMSAN, B.; LIMPINUNTANA, V.; GILLER, K.E. Grain legumes and green manures as prerace crops in Northeast Thailand. II. Residue decomposition. **Plant and Soil**, Dordrecht , v.177, p.127-136, 1995.

MELLILO, J.M.; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 621 – 626, 1982.

MESCHEDE, D.K.; FERREIRA, A.B; RIBEIRO JR., C.C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, Viçosa, v.25, p.465-471, 2007.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: UFV, 2006. p. 281-298.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.411-416, 1993.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, 1991. 336p.

MOORE, A.M., Temperature and moisture dependence of decomposition rates of hardwood and coniferous leaf litter **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.18, p.427 – 435, 1986.

MORAES, R.N.S. **Decomposição das palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

MUZILLI, O., Influência do sistema de semeadura direta, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.95 – 102,1983.

NUNES, U.R.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.A.; SILVA, E.B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.943-948, 2006.

OADES, J.M., Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.76, p.319 – 337, 1984.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G.J.; FURTINI NETO, A.E., LIMA, P.C.; MORAES, R.N.S. Atributos químicos do solo sob diferentes plantas de cobertura na implantação do sistema plantio direto. **Revista Agropecuária Tropical**. Cuiabá, v.8, p.57-75, 2004.

PAULETTI, V.; LIMA, M.R. de; BARCIK, C.; BITTENCOURT, A. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.491-495, 2003.

PELÁ, A. **Uso de Plantas de cobertura em pré-safra e seus efeitos nas propriedades físicas do solo e na cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2002. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C; OLIVEIRA, I.P. ; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.7, p.1349-1358, 2000.

POSSAMAI, J.M.; SOUZA, C.M.; GALVÃO, J.C.C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v.60, p.79-82, 2001.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação para a cultura do milho. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

REIS, V.M.; OLIVEIRA, A.L.M.; BALDANI, V.L.D.; OLIVARES, F.L.; BALDANI, J.I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: **Nutrição mineral de plantas**. (Ed.) FERNANDES, M.S. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 153-174.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K.E.; BODDEY, R.M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Amsterdam, v.54. p.99–112, 1999.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.713-723, 1998.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.

ROMAN, E.S.; VELLOSO, J.A.R.O., Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas, In: **Semeadura direta no Brasil**, Passo Fundo, Aldeia Norte, 1993. p. 77 – 84.

ROOS, L. C. Impacto econômico da integração agricultura-pecuária em semeadura direta. In: ENCONTRO REGIONAL DE SEMEADURA DIRETA NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia. **Semeadura direta na integração lavoura-pecuária**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2000. p. 25-30.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.355-362, 2003.

ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C. de; MEDEIROS, G.B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.15, p.135-140, 1991.

SÁ, J.C.M. **Manejo de fertilidade do solo em semeadura direta**. Carambeí: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SÁ, J.C.M. Rotação de culturas: Produção de biomassa e benefícios à fertilidade do solo; pg. 5 – 13. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA. 1995. Castro/PR, 344 p.

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

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.477-486, 2003.

SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N., **O meio ambiente e a semeadura direta**. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1997. 116 p.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximum***. 1998. 88 f. Tese (Doutorado em Solos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.O. **A semeadura direta no cerrado úmido**. Informações agronômicas. Piracicaba, v.3, n. 69, 1995.

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

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.6, p. 649 – 654, 1997.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v.21, p.113-117, 1997a.

SILVA, I.F.; MIELNICZUCK, J. Sistemas de cultivo e características do afetando a estabilidade dos agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.311 – 317, 1997b.

SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SORATTO, R.P. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema semeadura direta. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.81 – 87, 2003.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de material orgânica afetados pela rotação de culturas e sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, p.387 – 394, 2001.

SILVEIRA, P.M; STONE, L.F.; ALVES JÚNIOR, J. ; SILVA, J.G. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 53-59, 2008.

SOARES, T.G. **Produção de palhada e reciclagem de nutrientes de leguminosas e gramíneas para implantação do sistema plantio direto no Nordeste paraense**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

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

SOUZA, W.J.O.; MELO, W.J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, p.885 – 896, 2000.

SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v.5, p.121-127, 2006.

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

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; DIAS, O.S.; CAMPIDELLI, C.; BULISANI, E.A. Cultivo da soja após incorporação de adubo verde e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.1477-1483, 1992.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p, Boletim técnico de solos 5).

TEIXEIRA, I.R.; SOUZA, C.M.; BORÉM, A.; SILVA, G.F. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. **Bragantia**, Campinas, v.62, p.119-126, 2003.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.25, p.1351-1361, 1993.

TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSARD, B.L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients accumulation. **Plant and Soil**. The Hague, v.153, p.179–187, 1993.

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

TORRES, J.L.R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de semeadura direta no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 108 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J. PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 107-113, 2006.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de resíduo vegetal por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1609 – 1618, 2008.

UBERABA EM DADOS. Prefeitura Municipal de Uberaba. Edição 2007, 23 p. Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br/sedet/uberaba_em_dados_2007>. Acesso em: 10 jul. 2007.

URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.63-72, 2007.

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. **Journal of the Association Official Analytical Chemists**, New York, v.46, n.5, p.829 – 835, 1963.

VIGEL, M.F.; KISSEL, D.E. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.55, p.757–761, 1988.

VOLK L.B.S.; COGO, N.P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.763-774, 2004.