

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE DE MILHO EM PLANTIO DIRETO APÓS
PLANTAS DE COBERTURA**

Milaine Trabuco

Orientadora: Profa. Dra. Mara Cristina Pessôa da Cruz

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2008**

Trabuco, Milaine
T758p Produção de milho em plantio direto após plantas de
cobertura/Milaine Trabuco. -- Jaboticabal, 2008
iii, 54p f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008
Orientadora: Mara Cristina Pessôa da Cruz
Banca examinadora: Itamar Andrioli, Salatier Buzetti
Bibliografia

1. Fertilidade do solo. 2. Gramínea. 3. Leguminosa. 4. *Zea mays*.
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.15:631.81

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MILAINE TRABUCO – nascida em 22 de agosto de 1980, na cidade de Bebedouro – SP, graduou-se Engenheira Agrônoma pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal – SP, em janeiro de 2004. Trabalhou na Fazenda Corcovo, município de Arealva – SP, dando assistência técnica em culturas anuais (soja, milho, sorgo, feijão e girassol), de outubro de 2003 a fevereiro de 2006. Em março de 2006, na mesma unidade universitária, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Agronomia, Ciência do Solo, vindo a concluí-lo em julho de 2008.

À Profa. Mara e ao Prof. Manoel Evaristo,
pela orientação, compreensão e amizade,
meu respeito e gratidão.

DEDICO

Aos meus pais,

José Roberto Trabuco e

Mery Aparecida Leite Trabuco,

pelos conselhos, apoio e companheirismo que
proporcionaram, direta ou indiretamente.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por cada momento de minha vida.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, pela oportunidade concedida.

À FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus irmãos Ely e José Ricardo pela ajuda na condução do experimento.

Ao meu noivo, José Cláudio, pela ajuda na condução do experimento e pelo companheirismo e apoio durante todo o curso.

À minha irmã Meriane, pelo apoio e conselhos.

Ao Mauro Augusto Volpe, pela amizade, apoio e conselhos.

Aos amigos Renato Yagi, Leonardo Mella de Godoy e Thiago de Barros Sylvestre, pelo companheirismo e ajuda na condução do experimento.

Aos amigos Carlos Alberto Kenji Taniguchi e Fernando Kuhnen pela ajuda nos plantios e colheitas do experimento.

À técnica de laboratório Selma Guimarães Figueiredo pela amizade e ajuda nas análises de solo e planta.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
SUMMARY	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Plantas de cobertura	3
2.2. Efeitos de plantas de cobertura na fertilidade do solo	7
2.3. Produtividade de milho após plantas de cobertura	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Soja - Safra de verão 2006/2007	16
3.2. Plantas de outono-inverno/2007	18
3.3. Milho - Safra de verão 2007/2008	21
3.4. Procedimentos estatísticos.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1. Soja - Safra de verão 2006/2007	24
4.2. Plantas de outono-inverno – 2007	25
4.3. Atributos químicos do solo	29
4.4. Milho - Safra de verão 2007/2008	41
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS	47

PRODUTIVIDADE DE MILHO EM PLANTIO DIRETO APÓS PLANTAS DE COBERTURA

RESUMO - O sistema plantio direto (SPD) tem como pressuposto a exigência de cobertura vegetal permanente sobre o solo e, em condições climáticas favoráveis à decomposição dos resíduos orgânicos, há necessidade de implantação de culturas de cobertura no outono-inverno. Com este trabalho objetivou-se avaliar, em condições de campo, a produção de matéria seca e a extração de macronutrientes de feijão-deporco, milheto, mucuna-preta, sorgo granífero e vegetação espontânea, e seus efeitos nos atributos químicos do solo e na produtividade do milho. O experimento foi conduzido em Arealva-SP, em Latossolo Vermelho argiloso, há seis anos cultivado em SPD. Os tratamentos, em delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, foram: feijão-de-porco, milheto, mucuna-preta, sorgo granífero e vegetação espontânea, as espécies cultivadas instaladas no outono-inverno, em sucessão a cultura de soja e antecedendo o milho. Foram avaliados os atributos químicos do solo, nas camadas de 0 – 5 cm, 5 – 10 cm e 10 – 20 cm, em amostras coletadas, no primeiro ano, logo após a emergência da soja e, no segundo, após a dessecação das plantas de cobertura e antes da semeadura do milho. Também foram avaliadas a matéria seca e a extração de macronutrientes pelas plantas de cobertura, e a produtividade da cultura do milho em sucessão. As variações na acidez do solo, na disponibilidade de P, K, Ca e Mg, na CTC e no teor de matéria orgânica, foram pequenas ou inexistentes. O cultivo de sorgo no outono-inverno resultou em maior produção de matéria seca do que milheto, mucuna-preta, feijão-de-porco e vegetação espontânea. Não houve efeito das plantas de cobertura na produtividade do milho.

Palavras-chave: fertilidade do solo, gramínea, leguminosa, *Zea mays*

MAIZE YIELD AFTER COVER CROPS IN NO-TILLAGE SYSTEM

SUMMARY – In no-tillage system it was assumed that the permanent soil cover is necessary, and in favorable conditions to organic residue decomposition, it is necessary to establish cover crops in autumn-winter. This study aimed to evaluate, under field conditions, the dry matter production and nutrient extraction by spontaneous vegetation, *Mucuna aterrima*, *Canavalia ensiformis*, *Pennisetum glaucum* and *Sorghum bicolor*, and their effects on soil chemical attributes and maize yield. The experiment was carried out in Arealva, in the central region of São Paulo State, Brazil, in an Oxisol, six-year cropped in no-tillage system. The treatments, in randomized blocks and with five replicates were: spontaneous vegetation, *Mucuna aterrima*, *Canavalia ensiformis*, *Pennisetum glaucum* and *Sorghum bicolor*, carried out in autumn-winter in succession to soybean and before maize growing. Soil chemical attributes at 0 - 5 cm, 5 - 10 cm and 10 - 20 cm depth were evaluated and soil samples were collected soon after the soybean emergence in the first year and after the cover crops desiccation and before maize sowing in the second year. Dry matter production and nutrients extraction by cover crops and maize productivity grown in succession were also evaluated. Variations in soil acidity, P, K, Ca and Mg availability, CEC and organic matter content were small or nonexistent. *Sorghum bicolor* grown in autumn-winter resulted in higher dry matter production than *Pennisetum glaucum*, *Mucuna aterrima*, *Canavalia ensiformis* and spontaneous vegetation. There was no effect of cover crops in maize yield.

Keywords: soil fertility, grass, legume, *Zea mays*.

1. INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) foi introduzido no Brasil para controle da erosão. À medida que ele foi substituindo o plantio convencional, o interesse pelas plantas de cobertura aumentou, uma vez que, associadas aos preparos conservacionistas, elas favorecem o controle da erosão e, ao mesmo tempo, podem resultar em melhoria de atributos físicos e químicos do solo que refletem na produtividade. O emprego de leguminosas como plantas de cobertura apresenta como vantagem a fixação biológica de N_2 , ao passo que gramíneas, com menor taxa de decomposição, persistem mais tempo sobre o solo.

Em função de condições climáticas, a manutenção da cobertura do solo em áreas em SPD exige a implantação de culturas especificamente para este fim, mas há também a possibilidade de implantação de uma cultura comercial no outono-inverno, que tem como vantagem aumentar a rentabilidade, ao mesmo tempo em que contribui para a manutenção da cobertura.

O cultivo de planta de cobertura antecedendo a cultura do milho pode resultar em aumento de produtividade, seja pelo cultivo de leguminosa que reduz a necessidade de adubo nitrogenado (AMADO et al., 2002), seja pelo cultivo de gramíneas que, com maior relação C/N, proporcionam um período maior de cobertura do solo, devido à sua decomposição mais lenta (CERETA et al., 2002).

Os benefícios que podem ser obtidos do emprego de plantas de cobertura dependem de condições de solo e clima regionais, e a maior parte dos resultados de pesquisas feitas no Brasil é da Região Sul. Para muitas regiões do Estado de São Paulo ainda não há recomendação técnica das espécies mais adaptadas e, nas regiões de inverno seco, as dificuldades são maiores.

Com este trabalho objetivou-se avaliar, em condições de campo, a produção de matéria seca e a extração de macronutrientes de feijão-de-porco, milheto, mucuna-preta, sorgo granífero e vegetação espontânea e seus efeitos em atributos químicos do solo e na produtividade de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plantas de cobertura

Cultura de cobertura, de acordo com a SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA (1997), é o termo utilizado para designar culturas que dão proteção e melhoram o solo entre os períodos normais de cultivo. Se incorporadas ao solo por meio de aração, de acordo com a SSSA, são designadas adubos verdes. A vegetação espontânea atende ao requisito de proporcionar proteção ao solo e é alvo de avaliação no presente trabalho. Assim, no texto, será adotado o termo plantas de cobertura.

O sucesso do plantio direto depende da produção de fitomassa (GONÇALVES et al., 2000) e a manutenção da cobertura na superfície do solo é fundamental para o sistema. O tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo, após o manejo das espécies, é determinado pela velocidade de decomposição dos resíduos vegetais. Quanto mais rápida ela for, maior a velocidade de liberação de nutrientes, e menor a proteção oferecida ao solo. Por isso há a preocupação de produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, o que significa manter o resíduo protegendo o solo por maior período de tempo. A velocidade de decomposição está relacionada ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos (HEINRICHS et al., 2001), o que justifica espécies não gramíneas apresentarem maior taxa de decomposição que gramíneas (CERETTA et al., 2002).

A manutenção de quantidade adequada de resíduos vegetais sobre o solo, principalmente nas condições dos cerrados brasileiros, é mais difícil em função do clima, que proporciona decomposição rápida e dificuldade de produção na entressafra (MURAISHI et al., 2005).

Para obtenção de maior rentabilidade pode-se, também, implantar cultura comercial na entressafra. A cultura do sorgo granífero é rústica, resistente à seca, não

exige mudança de maquinário para produtores de grãos e é viável na safrinha (VASCONCELOS et al., 2001), particularmente em sucessão à soja de verão nas regiões em que há baixo índice pluviométrico no período outono-inverno e, ainda, é opção bastante explorada quando há demanda de mercado regional para alimentação animal. Outra cultura que reúne as mesmas vantagens é a de girassol. Porém, com a exploração intensiva há demanda maior de nutrientes, o que leva a altos investimentos em adubação ou ao empobrecimento do solo. Deste modo é necessário, como preconiza o SPD, a intercalação de culturas de cobertura para que sejam evidenciados os efeitos favoráveis deste sistema nos atributos químicos e físicos do solo (SILVEIRA & STONE, 2001).

Além da proteção do solo, outra função importante das plantas de cobertura é a reciclagem de nutrientes, principalmente de nitrogênio, e/ou a fixação simbiótica de N_2 , no caso das leguminosas (HEINZMANN, 1985; AITA et al., 2001). Embora possa existir grande quantidade de N na parte aérea das plantas de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura econômica, e a velocidade de liberação de N dos resíduos é inversamente proporcional à relação C/N (AMADO et al., 2000). Assim, a espécie deve ser rústica o suficiente para ter produção de fitomassa que beneficie a cultura subsequente (DE-POLLI & CHADA, 1989), e é importante avaliá-la criteriosamente, em escala regional (AITA et al., 1994).

As culturas de cobertura estudadas nas regiões de inverno seco têm sido, entre outras, as de milheto, mucuna-preta, feijão-de-porco e sorgo, além da vegetação espontânea. As culturas mais estudadas na época de final das chuvas (outono-inverno) são as de milheto e de mucuna-preta, e as produções de matéria seca são bastante variáveis. Há relatos de 5.202 kg ha^{-1} (CABEZAS et al., 2004), 9.579 kg ha^{-1} (BORDIN et al., 2003), 9.400 , 5.900 , 7.500 kg ha^{-1} (LEMOS et al., 2003) e 1.892 kg ha^{-1} (SODRÉ FILHO et al., 2004) para o milheto, e 4.100 kg ha^{-1} (AMABILE et al., 1999) e 3.984 kg ha^{-1} (AMABILE et al., 2000) para a mucuna-preta.

As leguminosas têm recebido atenção especial, pois, além de proporcionarem cobertura do solo, apresentam potencial de fixação de N_2 atmosférico em simbiose com *Rhizobium*. Existe grande variação na produtividade de biomassa das leguminosas,

conforme as condições nas quais elas crescem. A quantidade de nutrientes acumulada é proporcional à quantidade de biomassa produzida e a eficiência de absorção de nutrientes varia entre as espécies (FAVERO et al., 2000). A inclusão de leguminosas em rotações de culturas promove aumento nos rendimentos obtidos e na produção de resíduos, permite economia de N mineral e acelera a recuperação de solos degradados (BAYER et al., 1998). As variações normalmente verificadas na capacidade das leguminosas em suprir nitrogênio para as culturas de verão estão relacionadas às características intrínsecas de cada espécie, ao manejo utilizado e às condições edafoclimáticas predominantes em cada local (AITA et al., 1994). A qualidade dos resíduos das plantas adicionadas ao solo pode, também, alterar a matéria orgânica e influir na sobrevivência de microorganismos nitrificadores ou amonificadores, em função de alterações físicas e químicas (VASCONCELLOS et al., 2001).

As alterações de manejo do solo e das espécies cultivadas podem causar mudanças significativas na qualidade e na quantidade da matéria orgânica, na quantidade e nas formas de N no solo, principalmente no processo de mineralização, na eficiência de aproveitamento de fertilizantes pelas plantas e na sua movimentação para as camadas mais profundas do solo, o que resulta em alteração da produtividade das culturas (VASCONCELLOS et al., 2001).

Nas condições de cerrado, as gramíneas têm sido utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto, devido a sua maior resistência ao déficit hídrico, maior produção de biomassa e menor custo das sementes (SILVA et al., 2006a). A capacidade elevada de absorção de N das gramíneas constitui estratégia importante para reduzir os riscos de contaminação do lençol freático com nitrato e aumentar a ciclagem de N durante a entressafra das culturas comerciais (AMADO et al., 2002). A quantidade de N recuperado pelas plantas depende, entre outros fatores, das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais e do tipo de manejo adotado (GONÇALVES et al., 2000). A oferta de nutrientes dos restos vegetais de plantas mortas por herbicida e mantidas em pé tende a ser menos intensa, devido a taxa de decomposição menor. O estágio de senescência das plantas, após serem submetidas ao herbicida, pode comprometer o sincronismo entre a fonte de nutriente (palha da superfície do solo) e a demanda da cultura subsequente em sistema

de semeadura direta (CALONEGO et al., 2005). GONÇALVES et al. (2000) avaliaram a influência de cinco sucessões de culturas no nitrogênio do solo sob plantio direto e concluíram que a introdução de plantas de cobertura promoveu acúmulo de N mineral, orgânico e total no solo.

Quando resíduos de gramíneas são adicionados à superfície do solo verifica-se decomposição muito mais lenta que aquela das leguminosas e crucíferas. Dentre os fatores que concorrem para isso, destacam-se a relação C/N elevada e, em muitas situações, a reduzida disponibilidade de N mineral do solo (AMADO et al., 2002). De acordo com HEINZMANN (1985), para resíduos com relação C/N < 25, o intervalo entre o corte da cobertura de inverno e o plantio da cultura de verão deve ser o menor possível. O autor obteve mineralização de N relativamente rápida nos resíduos com relação C/N < 25 mesmo sem incorporação ao solo, concluindo que, neste caso, a perda por lixiviação após a mineralização pode ser considerável quando grandes quantidades de resíduos vegetais são deixadas sobre o solo. Segundo o autor, para as culturas não leguminosas utilizadas na rotação de verão, os resíduos das coberturas de inverno devem apresentar relação C/N em torno de 23-24, com a finalidade de obter mineralização uniforme do N. Para as culturas leguminosas, a relação C/N dos resíduos das coberturas deve ser superior a 25, com o objetivo de obter cobertura estável e criar condições favoráveis à fixação simbiótica de N.

As gramíneas e as crucíferas atuam na ciclagem de N mineral do solo, reduzindo os riscos de lixiviação, enquanto as leguminosas adicionam nitrogênio pela fixação biológica, contribuindo para o aumento da disponibilidade de N para as culturas em sucessão (AMADO et al., 2002). HEINZMANN (1985) estudou a dinâmica das reações de mineralização do N componente dos resíduos vegetais nas condições edafoclimáticas do norte do Paraná e o aproveitamento do nitrato do solo pelas culturas de inverno e de verão (leguminosas e não leguminosas) no SPD e concluiu que as não leguminosas podem deixar nos resíduos, quantidades de N total iguais ou superiores às leguminosas.

Diferentes sucessões e rotações de culturas podem também afetar o teor de nutrientes no solo, em vista das diferenças em exigência nutricional, profundidade de raízes e quantidade de material vegetal que permanece no solo (SILVEIRA & STONE,

2001). A ação da água das chuvas, independentemente da mineralização da matéria orgânica, pode constituir fator importante na lixiviação de nutrientes de restos vegetais, como ocorre com o K (CALONEGO et al., 2005). Porém, existem evidências de falta de resposta das plantas de cobertura à melhoria da fertilidade do solo. Efeitos promovidos pelas plantas de cobertura nos atributos químicos do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: espécie utilizada, manejo dado à biomassa, época de plantio e corte das plantas, tempo de permanência dos resíduos no solo, condições locais e interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000). Acredita-se que o uso de sistemas de culturas que utilizem leguminosas de cobertura, em sucessão e/ou consorciadas com gramíneas e culturas comerciais, capazes de produzir grandes quantidades de resíduos, permite aumentar o teor de carbono do solo, com conseqüente aumento na CTC e redução na lixiviação de cátions, além de adicionar N proveniente da fixação de N_2 atmosférico (TESTA et al., 1992).

Efeitos benéficos do “mulch” vegetal na fertilidade do solo foram observados por PAVAN et al. (1986). Os autores avaliaram a influência de técnicas de manejo do solo para controle de vegetação espontânea e da erosão na fertilidade do solo, no Estado do Paraná, durante sete anos, em um Latossolo Vermelho Amarelo álico, com valor de pH 4,2, e teores de Ca e Mg altos, K baixo e P muito baixo. Os efeitos benéficos da cobertura do solo com resíduos vegetais foram associados com a liberação de nutrientes após a decomposição dos compostos orgânicos do material vegetal, aumento de pH e carbono orgânico e diminuição nos teores de Al trocável, que favoreceram a absorção de íons pelas raízes do cafeeiro.

2.2 Efeitos de plantas de cobertura na fertilidade do solo

Alterações nos atributos químicos do solo foram observadas em sistemas de rotação de culturas, avaliados em experimentos de longa duração. SILVEIRA & STONE (2001) verificaram, em Latossolo Vermelho perférrico, que os maiores valores de pH, os maiores teores de Ca + Mg e os menores de Al trocável foram obtidos nos sistemas que continham soja. O sistema de rotação de culturas também afetou significativamente os teores de K trocável nas camadas de 10 – 20 e de 20 – 30 cm de profundidade, sendo

menores nos sistemas que incluíram soja, embora tais sistemas não tenham diferido significativamente de outros. Os teores de matéria orgânica do solo se mantiveram semelhantes aos iniciais. TESTA et al. (1992), em um Podzólico Vermelho Escuro com pH (H₂O) 5,8, sem limitações de Ca, K e Mg, e teor de MO de 23 g dm⁻³, no Estado do Rio Grande do Sul, observaram que a CTC efetiva aumentou na camada de 0–7,5 cm, após cinco anos de cultivo. Concluíram que o efeito dos sistemas de culturas na CTC efetiva foi acompanhado de aumentos proporcionais nos teores de Ca, Mg e K e, por consequência, na soma de bases do solo.

Porém, em solos com teor de MO acima de 40 g kg⁻¹, não foram relatadas diferenças significativas nos atributos químicos do solo. SANTOS & SIQUEIRA (1996), no Estado do Paraná, em um Latossolo Bruno álico com pH 5,1, teores de Ca e Mg altos, K médio e P muito baixo, com teor de MO igual a 67 g kg⁻¹, avaliaram os efeitos de sistemas de rotação de culturas para cevada na fertilidade do solo, após quatro anos e meio em plantio direto. Observaram que, de modo geral, não houve diferenças significativas entre as médias para pH, Al e Ca + Mg trocáveis do solo, não havendo diferenças significativas no solo entre os sistemas estudados. Resultados semelhantes foram obtidos no Estado do Rio Grande do Sul, em um Latossolo Vermelho Escuro distrófico com pH 5,1, teores de Ca e Mg altos, P e K médios, e teor de MO igual a 43 g kg⁻¹. Neste caso os autores (SANTOS & ROMAN, 1989) estudaram os teores de nutrientes e de matéria orgânica do solo por sete anos. Em quatro sistemas de rotação para o trigo verificaram que os cultivos de inverno provocaram mudanças no pH do solo, em três dos sete anos de avaliação, e que, em geral, constataram-se os valores mais elevados após as seqüências leguminosa/leguminosa e leguminosa/brássica e, os mais baixos, após as gramíneas de inverno. Porém, após sete anos de cultivos não se observaram diferenças relevantes no pH, nos teores de Al trocável, no Ca + Mg trocáveis e no teor de matéria orgânica do solo, em função das diversas sucessões de culturas. Nas mesmas condições, SANTOS & REIS (1989), em seis sistemas de rotação de culturas observaram diferenças significativas apenas nos teores de Ca e Mg trocáveis da camada arável do solo, em dois dos sete anos. Ainda concluíram que em sete anos (quatorze cultivos), embora tenham sido estudadas opções distintas de

sistemas de cultivo e de rotações de culturas, elas não modificaram, concretamente, os atributos químicos do solo estudado.

O efeito das plantas de cobertura nos atributos químicos do solo também têm sido avaliados, porém na literatura há resultados inconclusivos para períodos curtos de avaliação. ARF et al. (1999), no Estado do Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho com pH (CaCl₂) 5,1, teores de Ca e Mg altos, P médio, K baixo, teor de MO de 25 g kg⁻¹, e V% igual a 56, avaliaram o efeito de lab-lab e mucuna-preta e da cultura do milho nos atributos químicos do solo, na ocasião do florescimento da cultura do feijão, assim como o rendimento da cultura. Observaram que, apesar de terem sido incorporadas ao solo diferentes quantidades de matéria seca, não houve diferenças no teor de matéria orgânica do solo, e de modo geral, não se observaram diferenças entre os tratamentos utilizados para as outras variáveis, com exceção do K, em que o tratamento com milho apresentou maior teor. Porém, o rendimento de grãos após a cultura de mucuna-preta foi praticamente o dobro em relação ao tratamento com incorporação apenas da palhada do milho.

No Estado de Minas Gerais, em um Latossolo Vermelho distrófico, com pH (H₂O) 4,6, com teores de nutrientes baixos, V% de 3,5 e CTC elevada (102 mmol_c dm⁻³), ALCÂNTARA et al. (2000) avaliaram o desempenho de guandu e crotalária na recuperação da fertilidade do solo, cultivado por longo período com *Brachiaria decumbens*. Concluíram que, aos 150 dias após o manejo, não havia mais efeito das leguminosas na fertilidade do solo. Já VITTI et al. (1979), no Estado de São Paulo, em um Latossolo Vermelho-Amarelo com pH 6,0, teores altos de Ca, médios de Mg, muito altos de K e baixos de P, CTC elevada (99 mmol_c dm⁻³) e V% de 64, avaliaram o efeito da incorporação de cinco leguminosas, no pleno florescimento, na fertilidade do solo avaliada em amostras coletadas aos 3, 6, 9 e 12 meses após a incorporação. Observaram que em todas as épocas de amostragem ocorreu diminuição dos teores de bases trocáveis do solo (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺), do P e do valor de pH. Por outro lado, o C orgânico, o Al³⁺, o H e a CTC das parcelas em que as plantas foram incorporadas aumentaram em relação às testemunhas.

HEINRICHS et al. (2005), também no Estado de São Paulo, em um Nitossolo Vermelho eutrófico, com pH (CaCl₂) 5,2, teores de Ca e Mg altos e de K e P médios,

baixo teor de MO (20 g kg^{-1}), CTC igual a $55 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e V% de 65, avaliaram os atributos químicos do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em sistema de consórcio de milho com leguminosas (mucuna-anã, guandu-anão, crotalária e feijão-de-porco). Observaram que os teores de P na camada de 10-20 cm foram influenciados pela aplicação dos tratamentos nos dois anos agrícolas, e o teor de K no segundo ano agrícola. Dois anos após a instalação do sistema, foi observada ausência ou concentrações menores de Al nos tratamentos com feijão-de-porco em relação aos demais, o que foi atribuído à maior produção de material orgânico da espécie. O rendimento de grãos de milho não variou em função dos tratamentos no primeiro ano. Entretanto, a média dos tratamentos com feijão-de-porco foi significativamente superior, o que foi atribuído à disponibilidade de N proporcionada pela maior produção de fitomassa do adubo verde no cultivo anterior.

No Estado do Mato Grosso do Sul, em Latossolo Vermelho distroférico, com pH (CaCl_2) de 5,9, teores de Ca e Mg altos, de K médio e de P baixo, com CTC elevada ($122 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e V de 60%, MARTINS & ROSA JÚNIOR (2005) avaliaram a fertilidade do solo em SPD com culturas de cobertura (aveia-preta, ervilhaca e nabo forrageiro, além do consórcio entre elas, 50%, 25% e 25%, respectivamente) semeadas em maio, antecedendo a cultura do milho semeado em novembro. O menor teor de P ocorreu na rotação de milho sobre aveia-preta o que ocorreu, segundo explicação dos autores, porque as demais culturas de cobertura apresentaram decomposição rápida, liberando P para o solo. Os maiores valores de K foram obtidos no consórcio, o que os autores relacionaram a uma maior eficiência de reciclagem. O rendimento da cultura de grãos de milho não diferiu em função dos tratamentos.

Em função dos resultados apresentados, de maneira geral não há mudanças significativas nos atributos químicos do solo em rotações de culturas, mesmo em longo período de tempo, e com utilização de plantas de cobertura, por período de tempo curto. Porém, a produção de grãos pode ser influenciada ou não pelo cultivo anterior. O N do solo geralmente não é avaliado no conjunto dos atributos químicos, porém, o N liberado pelas culturas de cobertura, na maioria das vezes, deve ser o responsável pelo aumento na produção de grãos da cultura comercial, quando ele ocorre.

2.3. Produtividade de milho após plantas de cobertura

No Estado de Mato Grosso do Sul, SILVA et al. (2006b) trabalharam com N marcado na cultura do milho em sucessão às culturas de milheto, crotalária e vegetação espontânea, e com doses de N. Verificaram que a maior parte do N na planta, 77%, foi proveniente do solo e de outras fontes (resíduos vegetais das plantas de cobertura, precipitação pluvial e fixação biológica), demonstrando a importância do N orgânico do solo e do N proveniente de outras fontes, no fornecimento de N para o milho. Ainda verificaram que a máxima eficiência técnica foi alcançada com doses de N de 144, 149 e 161 kg ha⁻¹ no milho cultivado em sucessão a crotalária, pousio e milheto, respectivamente, embora o milheto, com esta dose de N, tenha proporcionado a menor produtividade de grãos. Em um solo com sinais de degradação, BAYER et al. (1998), em experimentos instalados há sete e nove anos, constituídos por sistemas de culturas (aveia, milho e caupi) e doses de N, avaliaram o efeito de culturas de cobertura no rendimento do milho, em sistema de plantio direto. Observaram que a produção de milho não aumentou com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, porém, sem a aplicação de N, o rendimento do milho foi maior nos sistemas que incluíram leguminosas. O cultivo da aveia antes do milho produziu efeito equivalente à aplicação de 4 kg ha⁻¹ de N mineral em relação ao sistema pousio/milho, enquanto a presença da viga produziu efeito equivalente à aplicação de 90 kg ha⁻¹. SILVA et al. (2006b) avaliaram a eficiência de utilização de N da crotalária e do milheto, marcados com ¹⁵N, pelo milho cultivado com doses diferentes de N, em plantio direto. Constataram que no milho em sucessão ao milheto, independente da dose de N, o aproveitamento do N foi inferior ao do N da crotalária, variando de 3,4 e 5,9% no primeiro, e de 7,2 a 11,9% no segundo ano agrícola, respectivamente. Verificaram também que grande parte do N da crotalária e do milheto (36%) absorvido pelo milho foi restituído ao solo por meio dos resíduos culturais.

No Estado do Rio Grande do Sul, PAVINATO et al. (1994) avaliaram a eficiência de espécies de inverno (sincho, ervilhaca comum, tremoço-branco, ervilha forrageira, aveia-preta, colza, pousio invernal + N no milho e pousio invernal) no suprimento de N e no rendimento de grãos de milho, em cultivo mínimo. Concluíram que o rendimento de grãos de milho relacionou-se com a absorção total de N pelas espécies de inverno, o

que demonstra ser o suprimento de N um dos principais benefícios das leguminosas utilizadas na cobertura de solo para o aumento do rendimento de grãos de milho. As leguminosas foram capazes de suprir parcial ou totalmente as necessidades de N do milho, destacando-se o tremoço-branco, que proporcionou rendimento do milho semelhante ao obtido com a aplicação de 110 kg ha^{-1} de N mineral e 61% superior ao da testemunha (sem N mineral). Em um Podzólico Vermelho-Amarelo, AITA et al. (1994) observaram que as quantidades de nutrientes absorvidas pela cultura do milho foram significativamente maiores nos tratamentos com leguminosa no inverno em comparação com o pousio invernal e a aveia-preta. O milho acumulou na parte aérea, em média, $36,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N a mais após as leguminosas do que após pousio invernal e sem aplicação de N, com diferença no rendimento de grãos, sendo este semelhante à produção em que foram aplicados 30 kg ha^{-1} de N mineral na semeadura e 90 kg ha^{-1} em cobertura. Em experimento conduzido por nove anos, AMADO et al. (2000) constataram que o rendimento do milho foi anulado pela utilização da dose mais elevada de N mineral (180 kg ha^{-1}), no entanto, com 90 kg ha^{-1} , os sistemas aveia + ervilhaca/milho e ervilhaca/milho foram superiores ao sistema aveia/milho. Os autores encontraram equivalência em fertilizante nitrogenado estimada para a cultura de ervilhaca a doses de 55 kg ha^{-1} , e para a consorciação aveia+ervilhaca, a 38 kg ha^{-1} .

PÖTTKER & ROMAN (1994) avaliaram coberturas vegetais e doses de N no rendimento de grãos de milho e no teor de N em folhas e em grãos de milho, em plantio direto, e concluíram que a resposta do milho a N depende do tipo da cobertura vegetal precedente, e que as leguminosas contribuem com quantidades variáveis de N para o milho. Em teores baixos de N, as produções de milho sobre resíduos de aveia-preta foram inferiores às obtidas após pousio (sem resíduos).

AITA et al. (2001) avaliaram o desempenho de plantas de cobertura de solo cultivadas no inverno, bem como sua capacidade em fornecer nitrogênio para o milho em plantio direto, em quatro anos agrícolas. Observaram que na ausência de adubação nitrogenada, o rendimento médio de grãos de milho em sucessão às leguminosas foi superior em 89 e 43% nos tratamentos com aveia preta e pousio invernal, respectivamente, e com aplicação de 160 kg ha^{-1} de N, o rendimento de grãos foi semelhante entre as espécies de cobertura, ervilhaca comum, ervilha forrageira,

chícharo e tremoço azul. A demanda de N foi parcialmente atendida quando o milho foi cultivado após o chícharo e a ervilha forrageira, e totalmente quando a cultura foi estabelecida após tremoço azul e ervilhaca comum.

HEINRICHS et al. (2001) observaram que sem a adição de N mineral em cobertura houve redução de $3,06 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos de milho quando a aveia-preta foi utilizada como cultura solteira, em relação a ervilhaca solteira, antecedendo ao milho, e, ainda, observaram que, do ponto de vista de fornecimento de N ao milho, para uma produtividade máxima de 5 t ha^{-1} de grãos, a demanda da cultura pode ser atendida pela ervilhaca como cultura pura ou pela consorciação desta com no máximo 10% de aveia.

SPAGNOLLO et al. (2002), em um Latossolo Vermelho distroférico, avaliaram o efeito do cultivo intercalar de leguminosas estivais para cobertura de solo (feijão-de-porco, guandu-anão, mucuna-cinza e soja preta) no fornecimento de N e no rendimento de grãos de milho, no Estado de Santa Catarina, em cultivo mínimo durante seis anos. De maneira geral, o cultivo intercalar das leguminosas estivais determinou aumento no suprimento de N e, conseqüentemente, no rendimento de grãos de milho na safra seguinte, sendo este efeito maior na ausência de N mineral. A mucuna-cinza promoveu maior fornecimento de N e rendimento de grãos ao milho, seguido pelo feijão-de-porco e pelo guandu anão.

No Estado de Rio de Janeiro, DE-POLLI & CHADA (1989) testaram espécies de leguminosas (mucuna-preta, crotalária - 2 ciclos e substituída pelo feijão-de-porco) na entressafra, com e sem incorporação, em comparação com a adubação mineral (80 kg ha^{-1} de N nos três primeiros anos e 100 kg ha^{-1} no quarto) para a cultura do milho, em quatro ciclos. Calcularam um fornecimento anual de 107,5, 86,0, 24,4 e 22,8 kg ha^{-1} de N pelo feijão-de-porco, mucuna-preta, vegetação espontânea e crotalária, respectivamente, estimados pela produtividade média anual de fitomassa seca da parte aérea das leguminosas e vegetação espontânea. A maior produtividade de grãos de milho ocorreu no tratamento crotalária/feijão-de-porco incorporado, seguido pelo N mineral e pela mucuna-preta (incorporada ou em cobertura).

Portanto, as culturas de adubação verde e as culturas de cobertura podem contribuir para manter a fertilidade do solo, assim como fornecer N para as culturas subsequentes, como a cultura do milho, por exemplo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Corcovo, no município de Arealva, localizado na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, a 22°02'46" latitude sul, 48°51'27" longitude oeste e 407 metros de altitude. A precipitação pluvial do período de abril de 2007 a março de 2008 estão na Figura 1. As temperaturas mínimas, médias e máximas no período de condução da cultura do milho variaram de 19,1 – 21,2°C, 23,9 – 26,1°C e 29,6 – 33,8°C, respectivamente.

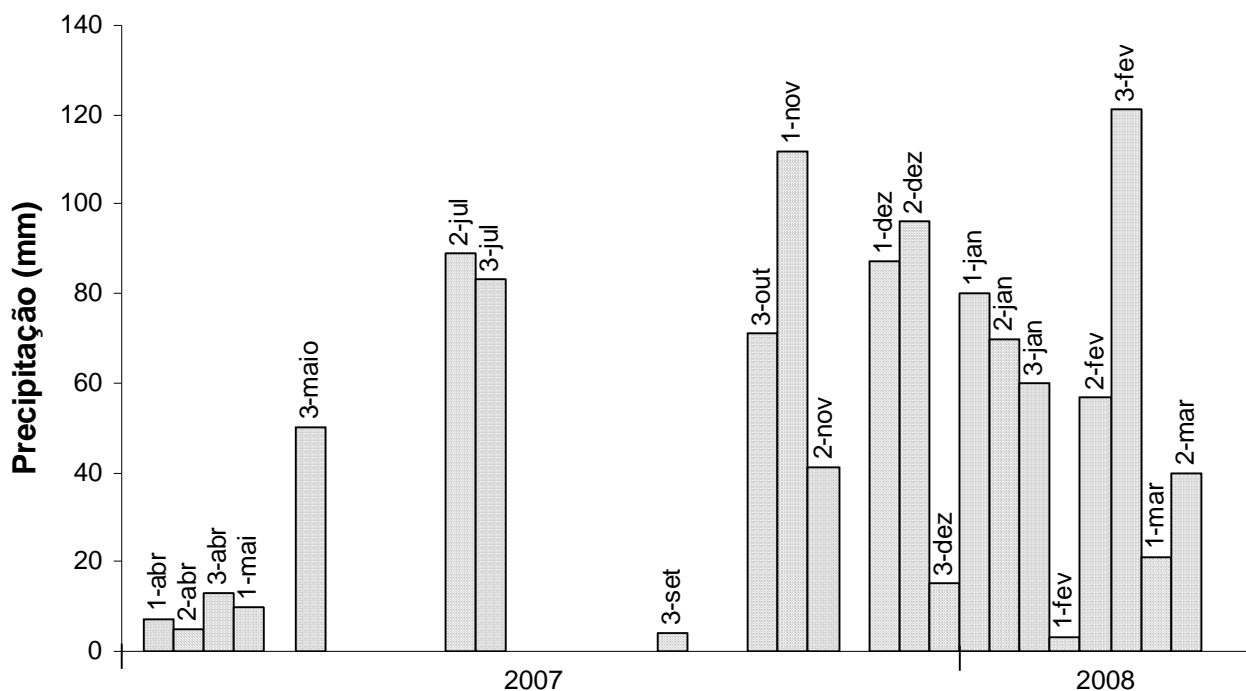


Figura 1. Precipitação pluvial no local do experimento no período compreendido entre abril de 2007 e março de 2008.

A área, quando do início das avaliações, estava em SPD há seis anos. Nos anos anteriores, haviam sido cultivados soja e milho no verão e sorgo no inverno. Previamente à instalação dos tratamentos, após a semeadura da soja em novembro de 2006, foi feita a demarcação dos blocos e parcelas para avaliação da massa e da quantidade de macronutrientes dos restos culturais da soja, e também para avaliar a uniformidade da área, tomando como referência atributos químicos de solo e produtividade da soja.

3.1. Soja - Safra de verão 2006/2007

A implantação do experimento foi feita em área de cultura comercial de soja, que havia sido semeada de forma mecanizada, após sorgo cultivado no outono-inverno e soja cultivada na primavera-verão. Coletou-se amostra de solo geral da área do experimento, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em outubro de 2006. Para coleta foi empregada cavadeira, e foram coletadas 20 subamostras ao acaso, em caminhamento em ziguezague. Nas amostras de solo foram determinados 430 g kg⁻¹ de argila, 190 g kg⁻¹ de silte, 270 g kg⁻¹ de areia fina e 110 g kg⁻¹ de areia grossa na camada de 0-20 cm, e valores semelhantes na de 20-40 cm, o que coloca ambas na classe textural argilosa. Na análise granulométrica foi empregado o método descrito em CAMARGO et al. (1986). Segundo as análises químicas de rotina (Tabela 1), e de acordo com RAIJ et al. (1996), o solo apresenta acidez baixa, P, Ca²⁺, Mg²⁺ e V% altos. Os teores de K⁺ foram muito altos, tanto na profundidade de 0-20 cm como na de 20-40 cm sendo, portanto, um solo de alta fertilidade. Os métodos empregados nas análises químicas estão descritos em RAIJ et al. (2001).

Tabela 1. Caracterização química inicial do solo da área do experimento, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, safra 2006/2007.

Profundidade (cm)	P res. mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	V
				-----mmol _c dm ⁻³ -----						%
0 - 20	74	28	5,7	11,0	65	18	25	94	119	79
20 - 40	43	23	5,6	6,4	56	15	25	77	102	76

A semeadura mecanizada da soja foi feita em 22 de novembro de 2006, sendo utilizada a variedade “Vencedora”, de ciclo médio (111-125 dias), com espaçamento de 0,5 m nas entrelinhas. A adubação de semeadura foi feita baseada na análise de solo da área total do experimento, de acordo com recomendação de MASCARENHAS & TANAKA (1996), com 4,5 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 15 kg ha⁻¹ de K₂O, por meio da aplicação de 150 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 3-30-10. Foram semeadas 15 sementes por metro, as quais foram previamente tratadas com fungicida e inoculadas com inoculante específico. A emergência das plântulas ocorreu em 30 de novembro de 2006, com número médio de 13 plantas por metro, portanto, 260 mil plantas por hectare.

Após a semeadura e antes da emergência da soja, a área experimental foi demarcada em blocos e respectivas parcelas, obedecendo a um delineamento em blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições, cada uma com área total de 120 m² (12 m de largura x 10 m de comprimento), sendo as duas linhas laterais e 0,5 m em cada extremo das parcelas consideradas bordaduras. Entre as parcelas foram demarcados carregadores de 1 m e, entre os blocos, de 2 m.

Foram coletadas amostras de solo nas parcelas na primeira semana de dezembro de 2006. As amostras foram coletadas por meio de sonda, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, sendo 20 amostras simples por amostra composta, em cada parcela, nas respectivas profundidades. As amostras simples foram coletadas nas entrelinhas, em caminhamento em ziguezague dentro da área útil das parcelas. Após a coleta, as amostras foram secas a sombra e depois encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo – Unesp – Campus de Jaboticabal. No laboratório, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para posterior análise química de rotina, conforme RAIJ et al. (2001).

No estágio de maturação fisiológica da cultura da soja (estádio R7), em 17 de março de 2007, foram coletadas as plantas em 1 metro de sulco da área útil das parcelas, as quais foram cortadas rente ao solo. Para a coleta do material foi estabelecido o critério de mesma localização nas parcelas. As plantas foram coletadas no período da manhã, colocadas em sacos de plástico e transportadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, onde foram separadas em: lâminas + pecíolos,

hastes, e vagens + grãos. O material coletado já separado, foi passado em solução de detergente neutro 1 mL L^{-1} , em água corrente e três vezes em água deionizada, retirando-se o excesso de água com papel absorvente antes de levar à estufa de circulação de ar forçada a temperatura de $65\text{-}70^\circ\text{C}$ até massa constante. Após secos, as vagens + grãos foram separados manualmente, e os grãos descartados. Foi determinada a produção de matéria seca das folhas + pecíolos, hastes e vagens e, após moagem em macromoinho com peneira de 20 mesh e digestão do material por via úmida, foram obtidas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com os métodos descritos em BATAGLIA et al. (1983). Também foi determinada a concentração de carbono, conforme método descrito em TEDESCO et al. (1985).

As plantas de soja para determinação da produtividade foram colhidas no estágio R8, nos dias 31 de março e 01 de abril de 2007. As plantas das quatro linhas centrais da área útil de cada parcela foram coletadas (arrancadas) e transportadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, onde foram trilhadas mecanicamente em uma colhedora. As plantas de soja restantes na parcela foram colhidas com colhedora automotriz. Após a trilhagem, os restos culturais de cada parcela foram devolvidos à respectiva área. Os grãos produzidos em cada parcela foram pesados e a umidade foi determinada em estufa a $105^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 1992). A partir da produção de grãos obtida e corrigida para umidade de 13%, calculou-se a produtividade (kg ha^{-1}) por parcela.

Dos grãos colhidos em cada parcela foi retirada uma amostra de aproximadamente 200 g, a qual foi passada rapidamente por água deionizada, seca em temperatura ambiente até atingir sua massa inicial, e moída em macromoinho com peneira de 20 mesh para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com os métodos descritos em BATAGLIA et al. (1983).

3.2. Plantas de outono-inverno/2007

Os tratamentos constituíram-se das plantas de cobertura: mucuna-preta, feijão-de-porco, milheto (cultivar BN 2), sorgo granífero (híbrido DKB 599) e vegetação espontânea. De acordo com a massa de 100 sementes (77,15 g, 119,2 g, 0,63 g e 3,8

g para mucuna-preta, feijão-de-porco, milho e sorgo granífero, respectivamente) e o número desejado de sementes por metro (nove, oito e dez para mucuna-preta, feijão-de-porco e sorgo granífero, respectivamente) ou a densidade de semeadura (17,2 kg ha⁻¹ para milho), as sementes foram pesadas e colocadas em saquinhos de papel (um por linha). Com o objetivo de garantir número adequado de plantas por metro empregou-se aproximadamente 30% a mais de sementes para mucuna-preta e feijão-de-porco e 10% a mais para milho e sorgo granífero. O número de sementes e a densidade de semeadura foram definidos com base na recomendação de BURLE et al. (2006), para mucuna-preta, feijão-de-porco e milho.

No dia 13 de abril, a área do experimento foi sulcada com o solo seco, sem adubação de semeadura, a profundidade de aproximadamente 3 cm. Utilizou-se semeadora para plantio direto com seis linhas espaçadas de 0,5 m. Neste mesmo dia, a área foi novamente demarcada em seus respectivos blocos e parcelas. Nos dias 14 e 15 de abril realizou-se a semeadura. Após o término da semeadura, os restos das culturas da soja (provinda da trilhagem dos grãos usados para determinação da produção) foram devolvidos na sua respectiva parcela e distribuídos para obter cobertura do solo o mais uniforme possível. Nos dias 16 e 20 de abril irrigou-se a área experimental, por meio de aspersão, com aproximadamente 36 mm e 10 mm de água, respectivamente, para garantir boa germinação e emergência.

A emergência das plântulas ocorreu no dia 23 de abril. Nas parcelas de feijão-de-porco realizou-se desbaste, deixando oito plantas por metro, e nas demais parcelas não houve necessidade, permanecendo oito e 40 plantas por metro para mucuna-preta e milho respectivamente, dentro do recomendado por BURLE et al. (2006). A cultura de sorgo permaneceu com sete plantas por metro, também atendendo ao recomendado. As plantas daninhas das parcelas foram arrancadas manualmente nos dias 4 a 8 de maio, com exceção das parcelas testemunhas, nas quais fez-se a avaliação da produção de matéria seca e extração de macronutrientes no pleno florescimento da maioria das espécies.

Como na cultura do sorgo foi avaliada a produção de grãos como cultura comercial, aplicou-se em cobertura 30 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, em superfície, no dia 25 de maio.

O pleno florescimento da cultura de milho ocorreu aos 55 dias após a emergência (DAE), no dia 21 de junho. O início do florescimento das plantas de feijão-de-porco ocorreu em 7 de julho, aos 75 DAE, e o das plantas de mucuna-preta, em 23 de agosto, aos 122 DAE. O enchimento dos grãos de sorgo se completou por volta de 120 DAE (21 de agosto) considerando-se que, neste estágio, não havia mais translocação de nutrientes para os grãos.

Para avaliação da vegetação espontânea foram feitas cinco amostragens por parcela, empregando retângulo de 0,5 m² (0,5 x 1,0 m). Foi feita a identificação das espécies e a contagem por espécie. A partir deste levantamento foi feita a coleta do número de plantas de cada espécie dentro de cada parcela, ao acaso. As plantas coletadas por parcela variaram em espécie e número, mas, de maneira geral, as predominantes foram: amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla* L.), caruru (*Amaranthus* spp.), soja (*Glycine max*), losna branca (*Parthenium hysterophorus* L.), picão-preto (*Bidens pilosa* L.), maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.), beldroega (*Portulaca oleracea* L.) e quebra-pedra (*Phyllanthus tenellus* Roxb.).

Para determinação da matéria seca e concentração de macronutrientes as amostras de plantas de milho e vegetação espontânea foram coletadas no dia 23 de junho, as de feijão-de-porco no dia 30 de julho (aproximadamente 50% das plantas da parcela estavam em florescimento) e as de mucuna-preta e do sorgo no dia 25 de agosto, aos 61, 98 e 120 DAE, respectivamente. Foram coletadas plantas de 1 metro de sulco na cultura do milho, do feijão-de-porco e do sorgo, e o material vegetal contido em 0,5 m² (0,5 x 1,0 m) para o tratamento de mucuna-preta, centralizando a linha de plantio no menor lado do retângulo.

Todos os materiais coletados (parte aérea) foram colocados em sacos de plástico e levados ao Laboratório de Fertilidade do Solo, no dia da coleta. O procedimento de lavagem, secagem moagem e análise dos materiais coletados foi o mesmo utilizado para as plantas de soja.

Nos dias 25 e 30 de junho, 4 e 27 de agosto e 3 de setembro, a vegetação espontânea, as culturas de milho, feijão-de-porco, mucuna-preta e sorgo, respectivamente, foram dessecadas com glifosato (ia), aplicado com bomba costal. Foram aplicados 4.802 g ha⁻¹ nas parcelas de milho e vegetação espontânea, 2.398 g

ha⁻¹ nas parcelas de mucuna-preta e sorgo, e nas parcelas de feijão-de-porco foi feita uma aplicação de 4.802 g ha⁻¹ e, como não houve eficiência desta dose, após rebrota foram aplicados mais 4.500 g ha⁻¹, no dia 16 de setembro, 42 dias após a primeira aplicação.

A vegetação espontânea que emergiu após a dessecação nas parcelas testemunhas e de milheto foi dessecada no dia 9 de setembro com glifosato (ia), 1498 g ha⁻¹ aplicados com bomba costal.

As panículas de sorgo contidas nos 8 m² da área central das parcelas foram colhidas no dia 2 de setembro, secas ao sol, e delas foram obtidos os grãos para determinação da produção. Os grãos foram pesados e a massa obtida foi corrigida para 13% de umidade, para determinação da produtividade (kg ha⁻¹). Dos grãos colhidos em cada parcela foi retirada uma amostra de aproximadamente 200 g. Foram utilizados, para os grãos de sorgo, os mesmos procedimentos de preparo de amostras e análise utilizados para os grãos de soja.

3.3. Milho - Safra de verão 2007/2008

Foram coletadas amostras de solo nos dias 16, 17 e 20 de novembro de 2007, antes da semeadura do milho, dentro da área útil das parcelas, nas entrelinhas, em ziguezague. Para melhorar a qualidade das amostras a sonda foi substituída por cavadeira e espátula. A amostragem foi feita parcela por parcela, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Foram coletadas 20 amostras simples por amostra composta, nas respectivas profundidades. As amostras coletadas foram levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo, onde foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para análise química de rotina, conforme RAIJ et al. (2001). A semeadura do milho, híbrido DKB 499, semiprecoce, ocorreu no dia 18 de novembro de 2007, em espaçamento de 0,9 m, tendo como referência a primeira linha de semeadura do experimento. A adubação de semeadura, baseada em análise química do solo de amostras coletadas na safra anterior, segundo recomendação de RAIJ & CANTARELLA (1996), foi feita empregando 20 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, com aplicação de 200 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 10-15-15. Foram semeadas 5,4 sementes por metro, sendo estas previamente tratadas com inseticida Cropstar ®. A

área foi novamente demarcada nos seus respectivos blocos e parcelas, e a emergência do milho ocorreu no dia 23 de novembro de 2007.

A adubação de cobertura foi feita no dia 15 de dezembro de 2008, de forma mecanizada, aplicando-se 70 kg ha^{-1} de N, na forma de sulfato de amônio, quando as plantas apresentavam seis folhas definitivas totalmente abertas.

No estágio de maturação fisiológica da cultura do milho, no dia 23 de fevereiro de 2008, foram coletadas plantas de 1 metro de sulco, as quais foram cortadas rente ao solo. Para a coleta do material foi estabelecido o critério de mesma localização nas parcelas, coletando-se cinco plantas por amostra. As plantas foram coletadas no período da manhã, colocadas em sacos de plástico com capacidade para 200 litros, e transportadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, onde foram separadas em: espigas, lâminas, bainhas e colmos. O material coletado já separado foi lavado, seco, preparado e analisado segundo o mesmo procedimento utilizado para os outros materiais vegetais coletados.

No dia 20 de março de 2008 foram colhidas as espigas contidas nas quatro linhas centrais da área útil de cada parcela para determinação da produtividade do milho, as quais foram colocadas em sacos de rafia e transportadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo, onde foram trilhadas em colhedora. As espigas de milho restantes nas parcelas foram colhidas com colhedora automotriz. Os grãos produzidos em cada parcela foram pesados e a umidade foi determinada em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 1992). A partir da produção de grãos obtida e corrigida para umidade de 13%, calculou-se a produtividade (kg ha^{-1}) por parcela.

Dos grãos colhidos em cada parcela foi retirada uma amostra de aproximadamente 200 g, e utilizando procedimento igual ao adotado para os grãos de soja e sorgo, foram determinadas as concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com os métodos descritos em BATAGLIA et al. (1983).

3.4. Procedimento estatísticos

Os procedimentos estatísticos empregados foram: a) análise de variância empregando delineamento em blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas para

avaliação dos efeitos dos tratamentos nos atributos químicos do solo, considerando nas parcelas os tratamentos, nas sub-parcelas as profundidades e nas sub-subparcelas os anos de amostragem, e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; b) análise de variância segundo delineamento em blocos ao acaso e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para os resultados de matéria seca e macronutrientes nas plantas de cobertura e, também, para a produtividade do milho em função dos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Soja - Safra de verão 2006/2007

A produção média de matéria seca de lâminas + pecíolos de soja foi de 1.980 kg ha⁻¹, a de hastes de 2.410 e de vagens 1.220 kg ha⁻¹, resultando num total de 5.610 kg ha⁻¹. Em termos percentuais, as hastes representaram 43% dos restos culturais e as lâminas + pecíolos, 35%.

A produtividade média de grãos foi de 4.033 kg ha⁻¹, considerada alta. Esta produtividade pode ser atribuída ao alto potencial da variedade utilizada, associado a alta fertilidade do solo e a condições de clima favoráveis.

O N foi o nutriente determinado em maior quantidade na parte aérea das plantas, seguido por K, Ca, Mg, P e S (Tabela 2). Nos grãos foram determinadas as maiores quantidades de N, P e S em relação à soma das outras partes da planta (lâminas + pecíolos, hastes e vagens), o que resultou em taxas de exportação elevadas, maiores do que 70% nos três casos. Apesar disso, ainda restaram sobre o solo, nos restos de cultura, quantidades relativamente grandes dos três nutrientes, particularmente de N (77 kg ha⁻¹). Como a maior parte do N dos restos de cultura estava nas lâminas+pecíolos e a relação C/N determinada foi 19, há potencial para disponibilização de grande quantidade de N em espaço de tempo relativamente curto, havendo condições favoráveis para decomposição. As maiores quantidades de Ca nas lâminas + pecíolos, devido à baixa mobilidade, resultou em taxa de exportação baixa, e o K, apesar da mobilidade, foi pouco exportado, o que resultou em uma sobra nos restos culturais de 90 kg ha⁻¹.

Transformando os valores da Tabela 2, que estão em kg ha⁻¹, para kg de nutriente por tonelada de produto colhido, tem-se: 60, 5, 15, 2, 2 e 3 kg t⁻¹ de N, P, K,

Ca, Mg e S, respectivamente, para grãos, os quais são exportados, e 14, 1, 16, 8, 3 e 1 kg t⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para os restos culturais (lâminas + pecíolos, hastes e vagens). Segundo EMBRAPA (1996) a extração média pelos grãos é de 51, 4, 17, 3, 2 e 5 kg t⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e para os restos culturais de 32, 2, 15, 9, 5 e 10 kg t⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Assim, os valores obtidos para os grãos estão próximos aos relatados na literatura, exceção feita ao N, e para os restos culturais houve diferença para N e S. Estas diferenças normalmente se justificam pelas condições de fertilidade do solo e pelas diferenças entre as variedades.

Tabela 2. Relação C/N, macronutrientes na parte aérea da soja e proporção exportada pelos grãos, safra 2006/2007.

Parte da planta	C/N	N	P	K	Ca	Mg	S
		----- kg ha ⁻¹ -----					
Lâminas + pecíolos	19	42	3,2	30	30,2	6,9	3,5
Hastes	64	15	1,4	26	6,6	3,5	1,7
Vagens	22	20	2,5	34	8,0	7,6	1,1
Grãos		242	19,6	59	7,1	8,9	14,5
Total		319	26,7	149	51,9	26,9	20,8
% Exportada		76	74	40	13	32	70

4.2. Plantas de outono-inverno/2007

Entre as plantas de cobertura, a maior produção de matéria seca foi do sorgo, seguido do milheto, da mucuna-preta e do feijão-de-porco (Tabela 3). As leguminosas não diferiram entre si e a vegetação espontânea foi a que produziu menos matéria seca. Deve-se levar em consideração que o sorgo foi a única cultura que, segundo o manejo adotado, completou o ciclo, tendo mais tempo para desenvolvimento em relação às demais. BORDIN et al. (2003) semearam sorgo e milheto no final das chuvas e obtiveram, respectivamente, 12.686 kg ha⁻¹ e 9.579 kg ha⁻¹ de matéria seca aos 70 dias após semeadura. FAVERO et al. (2000) semearam mucuna-preta e feijão-de-porco no início das chuvas e obtiveram, respectivamente, 7.564 e 6.615 kg ha⁻¹ de matéria seca no início do florescimento, e para vegetação espontânea 3.740 kg ha⁻¹ de matéria seca. SODRÉ FILHO et al. (2004) determinaram produção de 663 kg ha⁻¹ de matéria

seca para vegetação espontânea quando a avaliaram no mesmo período da avaliação do milho, no pleno florescimento, o qual, semeado no final das chuvas, produziu 1.892 kg ha⁻¹. Segundo BORKERT et al. (2003), a produção de matéria seca pode variar muito de acordo com o ano, o local e o nível de fertilidade do solo. No caso da vegetação espontânea, é preciso também considerar que ela possui banco de sementes muito diversificado, e varia com a propriedade, o manejo, as culturas, a disponibilidade de chuvas e o fotoperíodo, o que refletirá diretamente na sua produção de matéria seca.

Tabela 3. Matéria seca (MS), relação C/N e extração de macronutrientes pelas plantas de cobertura, no outono-inverno de 2007.

Tratamento	C/N	MS	N	P	K	Ca	Mg	S
		----- kg ha ⁻¹ -----						
Vegetação espontânea	13c	1.200d	33b	3d	36c	13b	6c	1d
Sorgo	36a	9.931a	113a	18a	88b	22b	16a	6b
Mucuna-preta	20b	4.912c	97a	9c	61c	43a	11b	6b
Milheto	25b	7.019b	110a	13b	187a	17b	17a	8a
Feijão-de-porco	14c	4.229c	120a	9c	80b	52a	11b	4c
	Teste F							
Bloco	0,52 ^{ns}	1,60 ^{ns}	1,30 ^{ns}	2,69 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,94 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,53 ^{ns}
Tratamento	51,23 ^{**}	57,00 ^{**}	16,01 ^{**}	47,70 ^{**}	66,18 ^{**}	20,20 ^{**}	21,58 ^{**}	42,45 ^{**}
CV ² (%)	14,06	17,66	20,90	18,57	17,51	29,24	18,49	17,16

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação.

^{**} e ^{ns} - Significativo a 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Valores de relação C/N diferentes aos obtidos no presente trabalho (Tabela 3), com cultivo por tempo semelhante, foram obtidos por PERIN et al. (2006), com relação C/N de 30 para o milho e de 15 para a vegetação espontânea, e por ALVARENGA et al. (1995), 24 e 19 para mucuna-preta e feijão-de-porco, respectivamente. VASCONCELOS et al. (2001), para os cultivares de sorgo BRS 304 e CMS XS 210A obtiveram relação C/N de 34 e 43, respectivamente, também com valores próximos ao determinado no presente trabalho.

A vegetação espontânea apresentou quantidade de N (33 kg ha⁻¹) menor que as demais espécies avaliadas, as quais não diferiram entre si e variaram de 97 a 120 kg ha⁻¹ (Tabela 3). O que se esperava é que a quantidade de N fosse maior na parte aérea das leguminosas (mucuna-preta e feijão-de-porco) e até mesmo na vegetação

espontânea, já que em algumas parcelas havia predomínio de plantas de soja, uma vez que a concentração média, em g kg^{-1} , foi maior nas leguminosas e na vegetação espontânea, sendo 29 para feijão-de-porco e vegetação espontânea, e 20 para mucuna-preta. No entanto, as plantas de sorgo (parte aérea, sem os grãos) e milho, mesmo com 11 e 16 g kg^{-1} de N, respectivamente, não diferiram dos tratamentos mucuna-preta e feijão-de-porco quanto a quantidade total, devido a maior produção de matéria seca. O contrário ocorreu com a vegetação espontânea. Deste modo, a quantidade de N nos restos da cultura de sorgo foi maior do que nos restos da soja que o antecedeu, apesar da colheita dos grãos de sorgo. A vantagem da soja no sistema está na origem do nitrogênio.

Em todas as culturas e na vegetação espontânea, a concentração de P foi de aproximadamente 2 g kg^{-1} . Portanto, a extração de P seguiu a mesma tendência da produção de matéria seca. O sorgo (parte aérea, sem os grãos) apresentou maior média (18 kg ha^{-1}), e a vegetação espontânea, menor média (3 kg ha^{-1}).

O milho foi o que mais extraiu K (187 kg ha^{-1}) diferindo do sorgo (sem os grãos) e do feijão-de-porco, com extração de 88 e 80 kg ha^{-1} , respectivamente. Estes diferiram da mucuna-preta e da vegetação espontânea, com as menores médias (61 e 36 kg ha^{-1} , respectivamente), que não diferiram entre si. Obteve-se na vegetação espontânea a menor média devido à sua baixa produção de matéria seca, uma vez que ela apresentou a maior concentração de K, 30 g kg^{-1} , bem próximo à determinada no milho, 27 g kg^{-1} . O sorgo (sem os grãos) foi a espécie com menor teor de K (9 g kg^{-1}), mas a extração foi alta devido a sua maior produção de matéria seca.

Feijão-de-porco e mucuna-preta extraíram mais Ca (52 e 43 kg ha^{-1} , respectivamente), diferindo do sorgo (sem os grãos), do milho e da vegetação espontânea (22, 17 e 13 kg ha^{-1} , respectivamente) e estas não diferiram entre si. O sorgo (sem os grãos) e o milho apresentaram as menores concentrações, ambos com 2 g kg^{-1} , e o feijão-de-porco e a vegetação espontânea, as maiores, 12 e 11 g kg^{-1} , respectivamente, seguidos pela mucuna-preta, com 9 g kg^{-1} .

O milho e o sorgo (sem os grãos) foram os que mais extraíram Mg, 17 e 16 kg ha^{-1} , respectivamente, diferindo dos demais. As leguminosas extraíram, ambas, 11 kg ha^{-1} , diferindo da vegetação espontânea, que extraiu 6 kg ha^{-1} , apesar desta ter

apresentado concentração de 5 g kg⁻¹, enquanto nas culturas a concentração média foi de 2 g kg⁻¹.

O milho foi o que mais extraiu S (8 kg ha⁻¹), diferindo dos demais. O sorgo (sem os grãos) e a mucuna-preta extraíram 6 kg ha⁻¹ e diferiram do feijão-de-porco, que extraiu 4 kg ha⁻¹, e ainda este diferiu da vegetação espontânea, que extraiu 1 kg ha⁻¹, apesar de ter sido obtida praticamente a mesma concentração na matéria seca das culturas (1 g kg⁻¹). OLIVEIRA et al. (2002) determinaram quantidades maiores de macronutrientes nas culturas de sorgo e milho, menores na mucuna-preta, e semelhantes de N, P, Mg, maiores de Ca e S e menores de K no feijão-de-porco. Contudo, deve-se considerar que os autores obtiveram produção de matéria seca maior nas culturas de sorgo e milho, menor na de mucuna-preta e semelhante na de feijão-de-porco, o que pode explicar as diferenças. Deve-se atentar ainda que o total de nutrientes extraído, além de estar diretamente ligado à produção de matéria seca, tem relação direta com as concentrações de nutrientes nas plantas, e estas concentrações dependem da quantidade de nutrientes disponíveis no solo, sendo, portanto, variáveis.

A produtividade de sorgo foi de 3.119 kg ha⁻¹ de grãos e as quantidades de macronutrientes (parte aérea) absorvidas e exportadas estão na Tabela 4. Segundo RAIJ & CAMARGO (1996), as quantidades de N, P, K e S na parte aérea para as faixas de produtividades mais comuns no Brasil são 17, 4, 5 e 1,2 kg t⁻¹ de grãos, respectivamente, o que equivale, levando em consideração a produtividade obtida, a 53, 12, 16 e 4 kg ha⁻¹. Portanto, os valores determinados estão abaixo da média. No balanço, a quantidade de N fornecida na adubação (30 kg ha⁻¹) foi menor do que a quantidade exportada.

Tabela 4. Quantidade de nutrientes na parte aérea do sorgo e proporção exportada pelos grãos, safrinha 2007.

Parte da planta	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha ⁻¹ -----					
Parte aérea (sem os grãos)	113	18	88	22	16	6
Grãos	41	8	8	0,1	3,0	1,4
Total	154	26	96	22	19	7
% Exportada	27	31	8	0,5	16	14

Deste modo, o sorgo, além de ter deixado sobre o solo maior quantidade de matéria seca, deixou nos restos a maior parte dos nutrientes extraídos, em quantidades semelhantes à das outras plantas avaliadas. Como foi a planta colhida e dessecada mais tardiamente, com maior relação C/N, é a que pode propiciar maior aproveitamento dos nutrientes liberados durante a mineralização para a cultura subsequente. O produto colhido paga o investimento e gera receita. No entanto, em avaliações em longo prazo, o uso das leguminosas deve ser considerado em função da contribuição adicional da fixação biológica de nitrogênio.

4.3. Atributos químicos do solo

Nos atributos químicos do solo não houve diferença entre os tratamentos (Tabelas 5 a 14). Provavelmente, a principal justificativa esteja no intervalo de apenas um ano entre as avaliações. ANDRIOLI (2004), após cultivar crotalária, braquiária + lablab e milho no início das chuvas e milho na safra de verão (semeadura em dezembro) determinou, no terceiro ano de condução do experimento, diferença para os teores de Ca e Mg e valor SB, sendo maiores na sucessão crotalária/milho na camada de 0 – 5 cm e menores na camada de 10 – 20 cm para a sucessão milho/milho. O teor de K foi maior para a sucessão milho/milho na camada de 0 – 5, 5 – 10 e 10 – 20 cm.

Houve diferença entre profundidades para todos os atributos químicos analisados. Os teores de P (Tabela 5) e de Ca^{2+} (Tabela 9) foram maiores na camada de 0 – 5 cm de profundidade, diferindo das outras camadas, as quais não diferiram entre si. Os teores de K^+ (Tabela 8) e Mg^{2+} (Tabela 10) também foram maiores na camada de 0 – 5 cm, diferindo dos teores das outras camadas, que diferiram entre si, com menor valor na camada de 10 – 20 cm. O P é um nutriente de baixa mobilidade no solo, o que resulta em acúmulo em solos sob plantio direto nas camadas superficiais, onde é feita a adubação. No SPD os fertilizantes são aplicados na superfície ou na linha de semeadura, e como os resíduos vegetais são deixados na superfície, esse elemento pode acumular nas camadas mais superficiais (SANTOS & SIQUEIRA, 1996). BAYER & BERTOL (1999) observaram que em área em SPD por nove anos houve pequena estratificação de Ca e maior de K e P em profundidade e atribuíram esse

comportamento a reciclagem de nutrientes na fitomassa, os quais foram liberados e readsorvidos na superfície, e, além disso, para K e P, contribuiu para o resultado a adição de fertilizantes na camada superficial.

O teor de MO (Tabela 6) foi maior na camada de 0 – 5 cm, diferindo das outras camadas, as quais diferiram entre si, com menor teor na camada de 10 – 20 cm. Este mesmo comportamento foi verificado para os valores de pH (Tabela 7), CTC (Tabela 13) e V % (Tabela 14). Para H + Al (Tabela 11) ocorreu o contrário, isto é, aumento em profundidade. O valor de SB (Tabela 12) também foi maior na camada de 0 – 5 cm e diferiu das demais camadas, porém os valores das camadas de 5 – 10 e de 10 – 20 cm não diferiram entre si. O acúmulo de MO na camada superficial decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície no SPD, devido a não incorporação de resíduos vegetais (SANTOS & SIQUEIRA, 1996). O experimento foi instalado em área em SPD há seis anos, o que explica a diferença entre profundidades para os teores de MO. A MO é uma das principais responsáveis pela CTC do solo, o que explica porque a CTC diminuiu com a profundidade. Com a diminuição de K^+ (Tabela 8), Ca^{2+} (Tabela 9) e Mg^{2+} (Tabela 10) em função da profundidade, a SB (Tabela 12) diminuiu e, como houve aumento dos valores de H+Al (Tabela 11) em profundidade, ocorreu diminuição do V% (Tabela 14). Como o V% tem correlação positiva com o pH, este também diminuiu em profundidade (Tabela 7).

O teor de matéria orgânica (MO) não variou na camada de 0-5 cm no intervalo das amostragens de solo, mas diminuiu 1 g dm^{-3} nas demais profundidades. SILVEIRA & STONE (2001) concluíram que o sistema de rotação de culturas manteve, após 12 cultivos, teores de MO do solo semelhantes aos iniciais, em Latossolo Vermelho. O K^+ trocável aumentou $1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-5 cm e diminuiu $0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 5-10 cm, sugerindo efeito de absorção pelas plantas e deposição sobre o solo. O Mg^{2+} trocável diminuiu $1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-5 cm e $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas camadas subjacentes no intervalo entre amostragens. Apesar da pequena variação no teor de MO, a CTC diminuiu $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0-5 cm, 6 e $7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, respectivamente.

Tabela 5. Fósforo disponível no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	P (mg dm ⁻³)					Média	
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto		Feijão-de-porco
----- 0 – 5 cm -----							
2006/2007		72	83	86	83	80	81
2007/2008		71	77	81	80	79	78
Média		72	80	83	82	80	79a ¹
----- 5 – 10 cm -----							
2006/2007		72	82	67	78	76	75
2007/2008		63	68	69	70	70	68
Média		67	75	68	74	73	71b
----- 10 – 20 cm -----							
2006/2007		66	71	69	72	81	72
2007/2008		60	73	65	60	69	66
Média		63	72	67	66	75	69b
Médias gerais		67A	76A	73A	74A	76A	73
Média 2006/2007							76
Média 2007/2008							71
	Teste F			CV ² (%)		dms ³	
Blocos (B)	8,54**						
Tratamentos (T)	1,85 ^{ns}			19,48		11,27	
Profundidade (P)	30,73**			9,71		3,46	
Ano Agrícola (A)	38,00**			7,44		1,78	
T x P	1,99 ^{ns}						
T x A	1,14 ^{ns}						
P x A	1,97 ^{ns}						
T x P x A	2,51*						

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre tratamentos e minúscula entre profundidades, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns} – Significativo a 1%, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 6. Matéria orgânica no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	MO (g dm ⁻³)					Média
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	30	32	32	31	32	31Aa ¹
2007/2008	30	31	31	31	31	31Aa
Média	30	31	31	31	31	31
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	25	26	26	26	27	26Ab
2007/2008	24	26	26	25	25	25Bb
Média	24	26	26	25	26	25
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	23	25	25	24	24	24Ac
2007/2008	22	23	24	22	22	23Bc
Média	22	24	24	23	23	23
Médias gerais	26A ²	27A	27A	27A	27A	26
Média 2006/2007						27
Média 2007/2008						26
	Teste F		CV ³ (%)		dms ⁴	
Blocos (B)	37,87**					
Tratamentos (T)	1,06 ^{ns}		9,53		2,01	
Profundidade (P)	246,04**		6,66		0,86	
Ano Agrícola (A)	27,48**		3,85		0,33	
T x P	0,39 ^{ns}					
T x A	1,82 ^{ns}					
P x A	3,20 ^{ns}					
T x P x A	0,13 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre anos, dentro de cada profundidade, e minúscula entre profundidades dentro de cada ano, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Médias seguidas de mesma letra indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ³ Coeficiente de variação. ⁴ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** e ^{ns} – Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 7. Valores de pH no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano Agrícola	pH CaCl ₂					Média
	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna- preta	Milheto	Feijão-de- porco	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	6,0	6,2	6,1	6,1	6,2	6,1
2007/2008	5,9	6,1	6,0	6,1	6,2	6,1
Média	6,0	6,1	6,0	6,1	6,2	6,1a ¹
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	5,6	5,7	5,8	5,7	5,8	5,7
2007/2008	5,5	5,7	5,6	5,6	5,8	5,7
Média	5,5	5,7	5,7	5,7	5,8	5,7b
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	5,4	5,7	5,6	5,7	5,7	5,6
2007/2008	5,4	5,7	5,5	5,6	5,6	5,6
Média	5,4	5,7	5,5	5,6	5,7	5,6c
Médias gerais	5,6A	5,9A	5,7A	5,8A	5,9A	5,8
Média 2006/2007						5,8
Média 2007/2008						5,7
	Teste F		CV ² (%)		dms ³	
Blocos (B)	1,61 ^{ns}					
Tratamentos (T)	2,86 ^{ns}		5,32		0,24	
Profundidade (P)	231,65 ^{**}		2,04		0,06	
Ano Agrícola (A)	25,25 ^{**}		1,40		0,03	
T x P	0,51 ^{ns}					
T x A	0,91 ^{ns}					
P x A	0,25 ^{ns}					
T x P x A	0,57 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre tratamentos e minúscula entre profundidades, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** e ^{ns} – Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 8. Potássio trocável no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)					Média
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	9,0	9,8	8,9	8,8	8,9	9,1Ba ¹
2007/2008	9,4	10,0	10,2	10,7	10,0	10,1Aa
Média	9,2	9,9	9,6	9,8	9,4	9,6
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	7,5	8,5	7,8	7,8	8,0	7,9Ab
2007/2008	6,9	7,6	7,2	7,9	7,6	7,4Bb
Média	7,2	8,0	7,5	7,9	7,8	7,7
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	6,7	6,6	5,9	6,2	6,7	6,4Ac
2007/2008	5,8	6,7	6,5	6,3	7,0	6,5Ac
Média	6,3	6,6	6,2	6,3	6,8	6,4
Médias gerais	7,6	8,2	7,8	8,0	8,0	7,9
Média 2006/2007	7,8Aa ²	8,3Aa	7,5Aa	7,6Ba	7,9Aa	7,8
Média 2007/2008	7,3Aa	8,0Aa	7,9Aa	8,3Aa	8,2Aa	8,0
	Teste F	CV ³ (%)		dms ⁴		
Blocos (B)	10,47**					
Tratamentos (T)	1,31 ^{ns}	15,34		0,96		
Profundidade (P)	347,61**	7,58		0,29		
Ano Agrícola (A)	2,73 ^{ns}	7,70		0,20		
T x P	1,11 ^{ns}					
T x A	4,36**					
P x A	19,27**					
T x P x A	1,07 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre anos, dentro de profundidade, e minúscula entre profundidade dentro de ano, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre anos, dentro de cada tratamento, e minúscula entre tratamentos, dentro de cada ano, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ³ Coeficiente de variação. ⁴ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** e ^{ns} – Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 9. Cálcio trocável no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)					Média
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	65	71	68	71	72	70
2007/2008	63	67	65	68	71	67
Média	64Aa ¹	69Aa	67Aa	70Aa	71Aa	68a ²
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	61	66	63	63	65	64
2007/2008	61	63	63	61	61	62
Média	61ABa	64Ba	63Ba	62Ba	63Ba	63b
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	61	67	64	67	67	65
2007/2008	58	66	59	67	60	62
Média	59Ba	66ABa	62Ba	67Aa	64Ba	64c
Médias gerais	61A	67A	64A	66A	66A	65
Média 2006/2007						66
Média 2007/2008						64
	Teste F		CV ³ (%)		dms ⁴	
Blocos (B)	20,78**					
Tratamentos (T)	0,64 ^{ns}		23,08		11,85	
Profundidade (P)	37,34**		5,48		1,73	
Ano Agrícola (A)	40,87**		3,58		0,76	
T x P	2,21*					
T x A	0,97 ^{ns}					
P x A	1,07 ^{ns}					
T x P x A	2,36*					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre profundidades, dentro de cada tratamento e minúscula entre tratamentos, dentro de cada profundidade, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre tratamentos e minúscula entre profundidades, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ³ Coeficiente de variação. ⁴ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns} – Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 10. Magnésio trocável no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)					Média
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	22	21	21	22	22	21Aa ¹
2007/2008	20	19	20	21	20	20Ba
Média	21	20	20	21	21	21
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	17	18	17	18	18	18Ab
2007/2008	16	16	17	17	17	16Bb
Média	16	17	17	17	17	17
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	16	17	17	18	17	17Ab
2007/2008	14	15	16	15	16	15Bc
Média	15	16	16	17	17	16
Médias gerais	17A ²	18A	18A	18A	18A	18
Média 2006/2007						19
Média 2007/2008						17
	Teste F	CV ³ (%)			dms ⁴	
Blocos (B)	12,49**					
Tratamentos (T)	0,26 ^{ns}	21,10			3,01	
Profundidade (P)	324,96**	5,32			0,47	
Ano Agrícola (A)	86,12**	5,37			0,32	
T x P	1,73 ^{ns}					
T x A	0,75 ^{ns}					
P x A	3,79*					
T x P x A	0,57 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre anos, dentro de cada profundidade e minúscula entre profundidade, dentro de cada ano, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Médias seguidas de mesma letra indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ³ Coeficiente de variação. ⁴ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns} – Significativo a 1% e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 11. Acidez total (H + Al) no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	H+Al (mmol _c dm ⁻³)					Média
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	25	21	23	23	21	23Aa ¹
2007/2008	23	21	22	22	20	22Ba
Média	24	21	23	23	21	22
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	33	30	30	30	28	30Ab
2007/2008	30	26	28	28	25	27Ba
Média	32	28	29	29	26	29
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	34	31	31	32	30	31Ac
2007/2008	32	27	30	28	27	29Bb
Média	33	29	31	30	29	30
Médias gerais	30A ²	26A	27A	27A	25A	27
Média 2006/2007						28
Média 2007/2008						26
	Teste F		CV ³ (%)		dms ⁴	
Blocos (B)	3,71*					
Tratamentos (T)	2,33 ^{ns}		20,86		4,48	
Profundidade (P)	199,66**		7,92		1,05	
Ano Agrícola (A)	81,16**		5,18		0,46	
T x P	0,99 ^{ns}					
T x A	1,54 ^{ns}					
P x A	4,00*					
T x P x A	0,89 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre anos, dentro de profundidade, e minúscula entre profundidade dentro de ano, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Médias seguidas de mesma letra indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ³ Coeficiente de variação. ⁴ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

**, * e ^{ns} – Significativo a 1%, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 12. Soma de bases (SB) no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano	SB (mmol _c dm ⁻³)					Média
	Agrícola	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna-preta	Milheto	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	96	103	98	101	102	100
2007/2008	93	96	95	100	101	97
Média	94	100	97	101	102	99a ¹
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	85	92	88	89	91	89
2007/2008	83	87	87	85	85	86
Média	84	89	88	87	88	87b
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	84	91	88	91	91	89
2007/2008	78	88	81	89	83	84
Média	81	89	84	90	87	86c
Médias gerais	86A	93A	90A	93A	92A	91
Média 2006/2007						93
Média 2007/2008						89
	Teste F		CV ² (%)		dms ³	
Blocos (B)	22,11**					
Tratamentos (T)	0,73 ^{ns}		19,93		14,31	
Profundidade (P)	144,16**		4,45		1,97	
Ano Agrícola (A)	69,38**		3,11		0,92	
T x P	1,53 ^{ns}					
T x A	1,20 ^{ns}					
P x A	2,12 ^{ns}					
T x P x A	1,48 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre tratamentos e minúscula entre profundidades, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** e ^{ns} – Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 13. CTC do solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano Agrícola	CTC (mmol _c dm ⁻³)					Média
	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna- preta	Milheto	Feijão-de- porco	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	121	124	121	125	124	123Aa ¹
2007/2008	115	117	118	122	121	119Ba
Média	118	121	119	124	123	121
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	118	122	118	119	119	119Ab
2007/2008	114	113	115	113	110	113Bb
Média	116	117	117	116	114	116
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	118	122	119	122	121	120Ab
2007/2008	110	115	111	117	110	113Bb
Média	114	118	115	120	116	116
Médias gerais	116A ²	119A	117A	120A	118A	118
Média 2006/2007						121
Média 2007/2008						115
	Teste F	CV ³ (%)			dms ⁴	
Blocos (B)	28,80**					
Tratamento (T)	0,25 ^{ns}	14,75			13,75	
Profundidade (P)	27,07 ^{ns}	3,05			1,75	
Ano Agrícola (A)	132,78**	2,72			1,05	
T x P	1,97 ^{ns}					
T x A	1,28 ^{ns}					
P x A	4,13*					
T x P x A	0,84 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre anos, dentro de profundidade, e minúscula entre profundidades dentro de ano, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Médias seguidas de mesma letra, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ³ Coeficiente de variação. ⁴ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns} – Significativo a 1%, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 14. Saturação por bases (V) no solo das parcelas de plantas de cobertura, antes da instalação da cultura da soja (safra 2006/2007) e antes da instalação da cultura do milho (safra 2007/2008), nas profundidades 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Ano Agrícola	V (%)					Média
	Vegetação espontânea	Sorgo	Mucuna- preta	Milheto	Feijão-de- porco	
----- 0 – 5 cm -----						
2006/2007	79	83	81	81	82	81
2007/2008	80	82	81	82	83	81
Média	80	82	81	81	83	81a ¹
----- 5 – 10 cm -----						
2006/2007	72	75	75	74	76	74
2007/2008	73	76	75	75	77	75
Média	73	76	75	75	77	75b
----- 10 – 20 cm -----						
2006/2007	71	74	74	74	75	73
2007/2008	71	76	72	75	75	74
Média	71	75	73	75	75	74c
Médias gerais	74A	78A	76A	77A	78A	77
Média 2006/2007						76
Média 2007/2008						77
	Teste F		CV ² (%)			dms ³
Blocos (B)	5,85**					
Tratamentos (T)	2,28 ^{ns}		6,86			4,16
Profundidade (P)	202,1**		2,69			1,00
Ano Agrícola (A)	9,82**		1,63			0,41
T x P	0,60 ^{ns}					
T x A	1,60 ^{ns}					
P x A	1,07 ^{ns}					
T x P x A	0,99 ^{ns}					

¹ Médias seguidas de mesma letra, maiúscula entre tratamentos e minúscula entre profundidades, indicam que não há diferença significativa pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** e ^{ns} – Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Na média dos tratamentos e profundidades, o teor de P variou 5 mg dm⁻³ do ano agrícola 2006/2007 para 2007/2008, o de MO 1 g dm⁻³, os de Ca e de Mg, 2 mmol_c dm⁻³ e os de K 0,2 mmol_c dm⁻³. O valor de pH variou 0,1 unidade, o de H + Al, 2 mmol_c dm⁻³, a soma de bases, 4 mmol_c dm⁻³ e a CTC, 6 mmol_c dm⁻³. O valor de V variou 1%. Só não houve significância estatística para a variação observada no teor de K. Apesar disso, a maior parte delas foi muito pequena do ponto de vista da fertilidade do solo, em solo com CTC em torno de 120 mmol_c dm⁻³. Parte das variações é típica de sistemas em

que estão ocorrendo entradas e saídas de nutrientes, mas o método de amostragem diferente nas duas avaliações pode também ter contribuído para as diferenças.

Convertendo as quantidades de nutrientes extraídas e exportadas pelas plantas instaladas na área durante o período do experimento em mg dm^{-3} ou $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, para a profundidade de 0-20 cm, tem-se os valores apresentados na Tabela 15. Particularmente para Ca e Mg, os valores calculados ajudam a justificar as diminuições observadas no solo.

Tabela 15. Extração de nutrientes do solo pela cultura da soja (safra 2006/2007) pelas plantas de outono-inverno, calculado para a camada de 0 – 20 cm.

Planta/Produto colhido	mg dm^{-3}			mmol _c dm^{-3}		
	N	P	S	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	----- mg dm^{-3} -----					
	----- mmol _c dm^{-3} -----					
	----- Extração total -----					
Soja	5,7	0,4	0,3	1,9	1,3	1,1
Vegetação Espontânea	0,6	0,05	0,02	0,5	0,3	0,2
Sorgo	2,8	0,4	0,1	1,2	0,6	0,8
Mucuna-preta	1,7	0,1	0,1	0,8	1,1	0,4
Milheto	2,0	0,2	0,1	2,4	0,4	0,7
Feijão-de-porco	2,1	0,1	0,1	1,0	1,3	0,4
	----- Exportação -----					
Grãos - Soja	4,3	0,3	0,2	0,8	0,2	0,4
Grãos - Sorgo	0,73	0,13	0,02	0,10	0,003	0,12

Em solos de CTC elevada, como o Latossolo em que foi instalado o experimento, mesmo com o cultivo de plantas de cobertura por muitos anos consecutivos, não tem sido observado efeito das plantas em atributos de fertilidade do solo (SANTOS & ROMAN, 1989; SANTOS & REIS, 1989; ARF et al., 1999). No entanto, o seu papel na reciclagem de nutrientes e, no caso das leguminosas, no fornecimento de N, deve contribuir para a manutenção da fertilidade, em condição de fertilidade alta.

4.4. Milho - Safra de verão 2007/2008

As concentrações de macronutrientes nas folhas diagnósticas do milho não variaram em função da planta de cobertura (Tabela 16). De acordo com o critério de interpretação de CANTARELLA et al. (1996) elas estão adequadas, exceção feita a Mg e S, que estão ligeiramente abaixo. TEIXEIRA et al. (1994) observaram que em dois anos agrícolas, os sistemas de culturas afetaram significativamente os teores de N na

folha índice somente quando não foi feita adubação com N (primeiro ano de avaliação) ou quando foram aplicadas doses de N (segundo ano).

Tabela 16. Concentração de macronutrientes nas folhas diagnósticas da cultura do milho.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
Vegetação espontânea	28	2,5	22	3,4	1,3	1,4
Sorgo	27	2,5	23	3,4	1,3	1,4
Mucuna-preta	27	2,5	23	3,4	1,3	1,4
Milheto	28	2,5	23	3,4	1,4	1,4
Feijão-de-porco	27	2,5	23	3,2	1,4	1,3
Teste F						
Bloco	0,57 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,67 ^{ns}	4,00 [*]	2,67 ^{ns}	2,96 ^{ns}
Tratamento	1,55 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,84 ^{ns}	2,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,35 ^{ns}
CV ² (%)	4,04	20,11	4,47	9,88	22,68	29,23
Dms ³	2,14	0,99	2,01	0,61	0,47	0,66

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa

** e ^{ns} - Significativo a 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

A produção de matéria seca de lâminas foliares de milho foi menor nas parcelas em que o cultivo foi feito após milheto. A produção de matéria seca das outras partes da planta (bainha, colmo, palha e sabugo) e a produtividade de grãos não variaram em função das plantas de cobertura (Tabela 17). A produtividade média de matéria seca foi de 1.304, 4.057, 1.788 e 1.353 kg ha⁻¹, respectivamente para bainha, colmo, palha e sabugo, totalizando 8.502 kg ha⁻¹, e a produtividade média de grãos foi de 8.780 kg ha⁻¹, resultando em índice de colheita de 1,03, o qual, segundo DOURADO NETO & FANCELLI (2000) é obtido para híbridos de alta produtividade. As diferenças nas quantidades disponíveis de nutrientes, particularmente de N, causadas pelas plantas de cobertura, não foram suficientes para alterar a produtividade. DE-POLLI & CHADA (1989) obtiveram produtividade de grãos de milho (14% de umidade, média de quatro ciclos) de 2.086, 1.674, 740 e 2.318 kg ha⁻¹, respectivamente, após cultivarem na entressafra, em solo com baixo potencial de produtividade, mucuna-preta, crotalária (2 ciclos)/feijão-de-porco (2 ciclos), vegetação espontânea e vegetação espontânea + N mineral (média de 40 kg ha⁻¹). ANDRIOLI (2004) obteve diferenças significativas de produtividade de milho cultivado após crotalária, braquiária + lablab e milheto no início

das chuvas, sendo a produção de grãos superior para o milho após crotalária, independente da dose de N aplicada.

Tabela 17. Matéria seca de lâmina foliar, bainha, colmo, palha e sabugo do milho e produtividade de grãos.

Tratamento	Matéria seca					Grãos
	Lâmina	Bainha	Colmo	Palha	Sabugo	
	----- kg ha ⁻¹ -----					
Vegetação espontânea	2.692A	1.338A	4.037A	1.877A	1.294A	8.373A
Sorgo	2.771A	1.316A	4.016A	1.762A	1.414A	8.860A
Mucuna-preta	2.897A	1.418A	4.688A	1.979A	1.418A	8.744A
Milheto	2.208B	1.186A	3.543A	1.601A	1.226A	8.993A
Feijão-de-porco	2.626AB	1.260A	4.001A	1.721A	1.413A	8.931A

	Teste F					
Bloco	1,03 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,91 ^{ns}	2,13 ^{ns}
Tratamento	5,74 ^{**}	2,04 ^{ns}	2,30 ^{ns}	1,48 ^{ns}	1,50 ^{ns}	1,43 ^{ns}
CV ² (%)	9,23	10,44	14,84	14,98	11,91	5,24
Dms ³	471,70	263,50	1.166,18	518,63	311,94	891,10

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa.

^{**} e ^{ns} - Significativo a 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Houve variação na quantidade de todos os macronutrientes nas lâminas foliares de milho em função das plantas de cobertura e o cultivo após milheto resultou sempre nos menores valores (Tabela 18). De modo geral, a extração de macronutrientes seguiu a tendência observada para produção de matéria seca das lâminas, uma vez que a sua concentração praticamente não variou.

Na bainha, a quantidade de nutrientes acumulada não variou em função dos tratamentos e no colmo foram observadas diferenças apenas nas quantidades de N e S, que foram menores nas plantas cultivadas após sorgo. Nos grãos, as variações provocadas pelas plantas de cobertura foram pequenas e os valores foram menores nas plantas das parcelas após mucuna. Das diferenças observadas entre os tratamentos resultou uma variação de 12 kg ha⁻¹ de N na quantidade exportada. Considerada a diferença entre a quantidade de N na vegetação espontânea e nas culturas de cobertura apresentada na Tabela 3 (33 a 120 kg ha⁻¹) pode-se admitir que a adubação e a disponibilização de N pelo solo nas parcelas com vegetação espontânea foram capazes de suprir a diferença.

O N foi o nutriente determinado em maior quantidade na parte aérea do milho, seguido por K, P, Ca, Mg e S (Tabela 19). Nos grãos foram obtidas as maiores quantidades de N, P, Mg e S, em relação às outras partes da planta (lâminas, bainha e colmo). O K estava em maior quantidade no colmo e o Ca, nas folhas. As menores quantidades de N, P, K, Mg e S foram determinadas na bainha. As menores quantidades de Ca foram obtidas nos grãos.

Tabela 18. Extração de nutrientes pelas lâminas, bainhas, colmo e grãos do milho.

Tratamento	kg ha ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Lâmina						
Vegetação espontânea	48A	5,2AB	53AB	13,8A	6,6AB	3,4AB
Sorgo	46AB	5,4AB	57A	13,8A	6,0AB	3,6AB
Mucuna-preta	53A	5,6A	57A	15,0A	7,4A	4,2A
Milheto	37B	4,0B	44B	11,0B	5,0B	3,2B
Feijão-de-porco	46AB	5,0AB	55AB	13,6AB	6,2AB	3,4AB
Teste F - Tratamento	5,44**	3,03*	4,04*	5,45**	3,69*	2,79 ^{ns}
CV ² (%)	12,00	15,87	11,54	10,50	16,34	14,46
Dms ³	10,68	1,55	11,94	2,73	1,97	0,99
Bainha						
Vegetação espontânea	8A	1,0A	29A	3,8A	2,4A	1,0A
Sorgo	7A	1,0A	27A	3,4A	2,0A	1,0A
Mucuna-preta	9A	1,0A	29A	3,8A	2,4A	1,0A
Milheto	7A	1,0A	26A	3,0A	1,8A	1,0A
Feijão-de-porco	8A	1,0A	29A	3,4A	2,4A	1,0A
Teste F - Tratamento	2,21 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,96 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,71 ^{ns}
CV (%)	14,02	4,27	13,09	15,34	24,90	2,94
Dms	2,08	0,08	7,08	1,03	1,06	0,06
Colmo						
Vegetação espontânea	29A	2,6A	117A	4,4A	4,8A	29,0A
Sorgo	18B	3,0A	118A	4,4A	4,2A	18,4B
Mucuna-preta	28A	3,2A	124A	4,6A	5,2A	27,8A
Milheto	24AB	2,0A	110A	3,6A	3,8A	23,6AB
Feijão-de-porco	27AB	2,2A	123A	4,6A	4,2A	26,6AB
Teste F - Tratamento	4,50*	2,00 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,13 ^{ns}	2,50 ^{ns}	4,50*
CV (%)	17,81	31,01	13,42	20,18	17,66	17,81
Dms	8,65	1,56	30,76	1,69	1,52	8,65
Grãos						
Vegetação espontânea	113AB	21,0A	30A	0,1A	6,2A	9,2A
Sorgo	119AB	22,2A	30A	0,1A	6,4A	9,8A
Mucuna-preta	111B	22,6A	32A	0,2A	6,4A	9,8A
Milheto	122A	23,6A	32A	0,2A	6,8A	10,4A
Feijão-de-porco	121AB	21,6A	30A	0,2A	6,0A	9,4A
Teste F - Tratamento	3,93*	2,00 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,78 ^{ns}
CV (%)	4,71	7,05	7,03	34,45	10,43	12,00
Dms	10,72	3,03	4,18	0,10	1,28	2,26

¹ Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada parte da planta, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. ² Coeficiente de variação. ³ Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

** , * e ^{ns} – Significativo a 1%, a 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Tabela 19. Quantidade de macronutrientes na parte aérea do milho, exceção feita a sabugo e palha, e proporção exportada pelos grãos.

Parte da planta	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Folhas	46	5,0	53	13,4	6,2	3,7
Bainhas	8	1,0	28	3,5	2,1	0,8
Colmos	25	2,5	118	4,3	4,4	2,6
Grãos	118	22,2	31	0,2	6,5	9,7
Total	197	31	230	21	19	17
% Exportada	60	72	13	1	34	58

Transformando os resultados da Tabela 19, de kg ha⁻¹ para kg de nutriente por tonelada de produto colhido tem-se: 13, 2,5, 3,5 e 1,1 kg t⁻¹ de N, P, K e S, respectivamente, para grãos, os quais são exportados, e 22, 3,5, 26 e 1,9 kg t⁻¹ de N, P, K e S, respectivamente, para a planta inteira. Segundo CANTARELLA et al. (1996) a extração média da planta inteira é de 28, 5, 18 e 2,6 kg t⁻¹ de N, P, K e S, respectivamente, e para os grãos de 17, 4, 5 e 1,2 kg t⁻¹ de N, P, K e S, respectivamente. Assim, os valores obtidos para os grãos e planta inteira foram menores do que as estimativas apresentadas.

A quantidade de N que permaneceu nos resíduos do milho é semelhante à que foi deixada pela soja, o que está de acordo com os resultados obtidos por HEINZMANN (1985), que concluiu que as não leguminosas podem deixar nos resíduos, quantidades de N total iguais ou superiores às leguminosas.

5. CONCLUSÕES

- 1 – Leguminosas e gramíneas de cobertura cultivadas no outono-inverno não causaram alterações nos atributos P, pH, MO, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, SB, CTC e V% do solo.
- 2 - O cultivo de sorgo no outono-inverno resultou em maior produção de matéria seca do que de milheto, mucuna-preta, feijão-de-porco e vegetação espontânea.
- 3 – Não houve diferença na produtividade do milho cultivado após mucuna-preta, feijão-de-porco, milheto, sorgo granífero ou vegetação espontânea.

6. REFERÊNCIAS

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

AITA, C.; CERETA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.101-108, 1994.

ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.277-288, 2000.

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

AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num Latossolo Vermelho-escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.837-845, 1999.

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

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B. Leguminosas e adubação mineral como fonte de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.179-189, 2000.

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

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

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

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.; MIELNICZUCK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. **Ciência Rural**, v.28, p.23-28, 1998.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase a matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.687-694, 1999.

BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.143-153, 2003.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v.62, p.417-428, 2003.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária, 1992. 365p.

BURLE, M.L.; CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. (eds) **Cerrado: Adubação verde**. Planaltina – DF, Embrapa Cerrados, 2006. p. 71-142.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1996/1997**. Londrina: Embrapa Soja, 1996. 164p. (Embrapa-Soja. Documentos, 96).

CABEZAS, W.A.R.L.; ALVES, B.J.R.; CABALLERO, S.S.U.C.; SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade do milho em sistema de plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, v.34, p.1005-1013, 2004.

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

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

CANTARELLA, H; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p.56-59. (Boletim técnico, 100).

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLLETO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, p.49-54, 2002.

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

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.171-177, 2000.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.153-159, 2000.

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

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

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de N pelas culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.1021-1030, 1985.

LEMO, L.B.; NAKAGAWA, J.; CRUSCIOL, C.A.C.; CHINGNOLI JÚNIOR, W.; SILVA, T.R.B. Influência da época de semeadura e do manejo da parte aérea de milho sobre a soja em sucessão em plantio direto. **Bragantia**, v.62, p.405-415, 2003.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Soja. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p.202-203. (Boletim Técnico, 100).

MARTINS, R.M.G.; ROSA JÚNIOR, E.J. Culturas antecessoras influenciando a cultura do milho e os atributos do solo em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.225-232, 2005.

MURAISHI, C.T.; LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R.; GOMES JÚNIOR, F.G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.193-198, 2005.

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

PAVAN, M.A.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; SCHOLZ, M.F. Manejo da cobertura do solo para formação e produção de uma lavoura cafeeira. I. Influência na fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.187-192, 1986.

PAVINATO, A; AITA, C.; CERETTA, C.A., BEVILÁQUA, G.P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1427-1432, 1994.

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.S.; CECON, P.R.; GUERRA, J.G.M.; FREITAS, G.B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, v.63, p.453-459, 2006.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.763-770, 1994.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. p.45-71. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. p.8-13. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. p.56-59. (Boletim técnico, 100).

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Rotação de culturas. X. Efeitos de culturas de inverno e de soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.295-302, 1989.

SANTOS, H.P.; ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.303-310, 1989.

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

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P.C.O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.477-486, 2006a.

SILVA, E.C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M.E.C.; TRIVELIN, P.C.O. Aproveitamento do nitrogênio (^{15}N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v.36, p.739-746, 2006b.

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

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA . **Glossary of soil science terms**. Madison: Soil Science Society of America, 1997. 134p.

SPAGNOLLO, E.; BAYER, C.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; PROENÇA, M.M. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para a cultura do milho, no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.417-423, 2002.

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

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEM, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, 1985. 188p.

TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.207-214, 1994.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.107-114, 1992.

VASCONCELLOS, C.A.; MARRIEL, I.E.; SANTOS, F.G.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, C.A. Resíduos de sorgo e a mineralização do nitrogênio em Latossolo Vermelho fase cerrado. **Scientia Agricola**, v.58, p.373-379, 2001.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; PERECIN, D.; ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (LVa). **Científica**, v.7, p. 431-435, 1979.