

ESPÉCIES PARA COBERTURA E QUALIDADE DOS RESÍDUOS VEGETAIS NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM REGIÃO DE INVERNO SECO¹

EDUARDO DO VALLE LIMA², CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL³, PATRÍCIA DA SILVA LEITÃO-LIMA⁴, JULIANO CORULLI CORRÊA⁴

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à FCA/UNESP, Botucatu, SP

² Professor Adjunto da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA. Rua A, s/nº, Quadra Especial, Centro Universitário de Parauapebas – CEUP, CEP: 68515-000 Parauapebas, PA. E-mail: valle@fca.unesp.br ou eduardo.valle@ufra.edu.br (Autor para correspondência)

³ Professor Adjunto da FCA/UNESP. Departamento de Produção Vegetal – Setor de Agricultura e Melhoramento Vegetal, CEP: 18603-970 Botucatu, SP. crusciol@fca.unesp.br

⁴ Doutorandos da FCA/UNESP. Departamento de Produção Vegetal.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.2, p.180-194, 2005

RESUMO – Em regiões de clima tropical, a temperatura e a umidade são elevadas. Assim, na seleção de espécies destinadas à cobertura do solo em sistema de plantio direto (SPD), deve-se considerar a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais. Dessa forma, objetivou-se avaliar a quantidade e a qualidade de resíduos vegetais, produzidos num curto período de tempo, visando à implantação do SPD em região de inverno seco. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 1999/00, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP-Botucatu (SP), em Nitossolo Vermelho. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por: 1- *Sorghum bicolor* (L.) Moench (grupo racial Guiné), cv. A; 2- *Sorghum bicolor* (grupo racial Guiné), cv. B; 3- *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., cv. BN₂; 4- *Panicum dichotomiflorum* Mix; 5- vegetação espontânea. As espécies de cobertura foram dessecadas aos 53 dias após a emergência. Foram avaliadas a produção de matéria seca (MS), teor e acúmulo de macronutrientes e relação C/N, além da composição química, soma de cátions (Ca, Mg, Mn, K e Na) e condutividade elétrica dos extratos vegetais da parte aérea. O *Pennisetum glaucum*, no verão, apresentou elevado potencial para produção de MS, persistência da palhada e reciclagem de nutrientes, em curto período de desenvolvimento. O *Panicum dichotomiflorum* apresentou a possibilidade de colheita dos grãos antes da dessecação. Os sorgos do grupo racial Guiné (cv. A e B) destacaram-se como os resíduos mais eficazes na neutralização de H⁺Al e no acúmulo de Ca, Mg e K no perfil do solo.

Palavras-chave: sorgo, milheto, painço, cobertura morta, complexação orgânica.

GROUND COVER PLANTS AND QUALITY OF PLANT RESIDUE DURING NO-TILL IMPLEMENTATION IN A DRY-WINTER REGION

ABSTRACT – Under tropical climate, temperature and humidity are high. In the selection of species destined to ground cover plant, under no-till system, the amount and quality of plant residue should be considered. The objective was thus to evaluate the amount and quality of residues of different ground cover plants, produced in a short development

period, under no-till system at the implementation stage in a dry-winter region. The experiment was conducted during the 1999/2000 cropping seasons at Experimental Farm of São Paulo State University-Botucatu (SP), on a Red Nitosol. The experimental design was organized as random blocks and four replicates. Plots consisted of : 1- *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Guinea group), cultivars A, 2- *Sorghum bicolor* (Guinea group), cultivars B, 3- *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., cultivars BN₂, 4- *Panicum dichotomiflorum* Mix. and 5- spontaneous vegetation. Ground cover plants were desiccated at 53 days after emergence, were evaluated for dry matter production, content and accumulation of macronutrients, and C/N ratio, in addition to chemical composition, sum of cations (Ca, Mg, Mn, K, and Na), and electric conductivity of plant extracts from the aerial part. *Pennisetum glaucum* in the summer season showed high potential for dry matter production, trash persistence, and nutrient recycling in a short development period. *Panicum dichotomiflorum* showed the possibility of yielding a grain harvest. *Sorghum bicolor* (cultivars A and B) was prominent as the most effective residue in neutralizing H+Al and regarding Ca and Mg accumulation in the soil profile.

Key words: sorghum, millet, fall panicum, plant residue, organic complexes.

As espécies de cobertura, durante o seu crescimento e desenvolvimento, contribuem efetivamente para a proteção do solo, assim como a manutenção de seus resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo em sistema de plantio direto (SPD). Esse sistema de cultivo se caracteriza pela produção e manutenção de resíduos vegetais sobre o solo não revolvido (Ceretta *et al.*, 2002). Assim, a palhada representa a essência do SPD, pois diminui o impacto das gotas de chuvas, melhora a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica (M.O.), reduz a velocidade das enxurradas, protege o solo da radiação solar, diminui a variação térmica do solo, reduzindo a evaporação de água e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos, além de ajudar no controle de plantas daninhas (Rosolem *et al.*, 2003). Nesse sentido, a escolha da espécie para cobertura do solo é um fator determinante no sucesso da implantação e manutenção do SPD.

A proteção dos solos por meio do cultivo de espécies de cobertura, nas regiões de clima temperado, tem sido objeto de estudo por vários pesquisadores (Derpsch & Calergari, 1992).

Entretanto, nas regiões tropicais de altitude, que se caracterizam pelo inverno seco e verão quente e chuvoso (Bertolini *et al.*, 1994), são poucos os trabalhos de pesquisa sobre este assunto, onde o clima favorece a rápida decomposição dos resíduos vegetais, devendo-se, então, atentar para a quantidade e qualidade da palhada depositada sobre o solo, produzida pelas espécies antecessoras à cultura principal (Pereira, 1990). Portanto, torna-se fundamental a seleção de espécies, com a finalidade de proteção superficial do solo, formação de palhada, bem como reciclagem de nutrientes, com impacto direto nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo e na resposta das culturas subsequentes em SPD.

Quanto à capacidade recicladora das plantas de cobertura, deve-se considerar que as mesmas funcionam como fonte de nutrientes no SPD, sendo que, a longo prazo, o aumento do teor de M.O. possibilitará maior liberação de nutrientes (Caires, 2000). Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo representam um considerável reservatório de nutrientes, que são liberados

lentamente pela ação de microrganismos (Franchini *et al.*, 2000), ou cuja disponibilidade pode ser rápida e intensa, dependendo, dentre outros fatores, do regime de chuvas, da espécie empregada e do tipo de solo (Primavesi *et al.*, 2002; Rosolem *et al.*, 2003).

No SPD, há a preocupação de produzir resíduos vegetais capazes de formar uma proteção mais estável na superfície do solo, que tenham decomposição mais lenta e maior persistência, o que significaria a manutenção da palhada protegendo o solo por maior período de tempo (Ceretta *et al.*, 2002). A taxa de decomposição de resíduos vegetais está associada à relação C/N do tecido vegetal; por isso, espécies gramíneas com relação acima de 25 possuem menor taxa de decomposição, quando comparadas com as leguminosas, por exemplo (Ceretta *et al.*, 2002).

Os compostos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular (ácidos orgânicos) liberados, no início do processo de decomposição, pelos resíduos vegetais oriundos das espécies de cobertura, desempenham papel fundamental na química dos solos ácidos, com potencial para minimizar a acidez no perfil. A eficiência da calagem superficial sobre a correção da acidez em profundidade, no SPD, tem sido associada à permanência dos resíduos vegetais na superfície. Os ácidos orgânicos complexam o Ca ou o Mg trocável na camada superficial do solo, formando complexos CaL^0 ou CaL^- , o que facilita a mobilidade no perfil. Em profundidade, o Ca dos complexos Ca-orgânicos é deslocado pelo Al trocável do solo, pois os íons Al^{3+} formam complexos mais estáveis, diminuindo a acidez trocável e aumentando o Ca (Miyazawa *et al.*, 1996; Caires, 2000).

Existe uma enorme variabilidade de espécies com características adequadas para serem

utilizadas como cobertura vegetal no SPD, onde, possivelmente, o efeito dos resíduos vegetais na mobilidade dos produtos da dissolução do calcário no solo deve variar em função da espécie. A capacidade de neutralização da acidez dos solos por resíduos vegetais está relacionada aos seus teores de cátions e, conseqüentemente, com ânions orgânicos solúveis, pelo princípio da eletroneutralidade (Miyazawa *et al.*, 2000). Assim, métodos químicos de fácil e rápida determinação, como a soma de cátions e a condutividade elétrica de extratos vegetais, devem ser realizados. O emprego desses métodos possibilita avaliar mais uma importante variável de qualidade dos resíduos vegetais, além das determinações da produção de matéria seca (MS), teor e acúmulo de nutrientes, e relação C/N, auxiliando na seleção das espécies de cobertura para a implantação e manutenção do SPD.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a quantidade e a qualidade de resíduos vegetais produzidos num curto período de tempo, visando à implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 1999/2000, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP, no município de Botucatu-SP, latitude 22° 51'S, longitude 48° 26'W e altitude de 740 m.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que se caracteriza pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (Bertolini *et al.*, 1994). Na Figura 1, são apresentados os dados de precipitação pluvial diária e as temperaturas máxima e mínima (diárias), durante a execução do experimento.

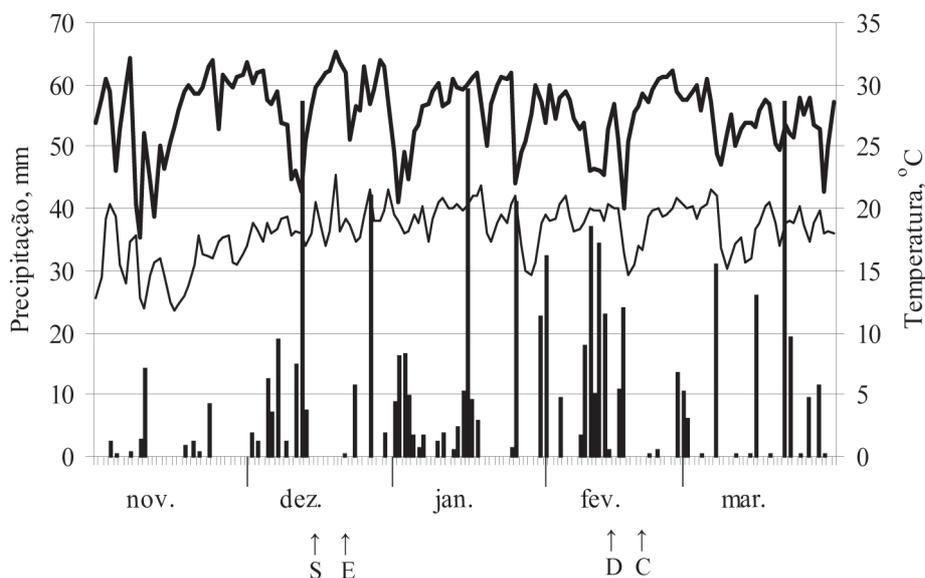


FIGURA 1. Temperaturas máximas (—) e mínimas (—), e precipitação pluvial (■) durante a condução do experimento. A semeadura das espécies de cobertura (S) foi efetuada em 16/12/1999, a emergência (E) ocorreu em 23/12/99, a dessecação (D) foi realizada em 14/02/2000 e a coleta da fitomassa (C) em 21/02/00. Botucatu-SP.

O solo da área experimental é classificado como Terra Roxa Estruturada Distrófica, textura argilosa (Carvalho *et al.*, 1983), atualmente Nitossolo Vermelho Distroférrico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), cujos atributos químicos, antes da instalação do experimento, na profundidade de 0-20 cm, foram: pH (CaCl₂) = 4,8; M.O. = 23 g dm⁻³; P (resina) = 19 mg dm⁻³; H+Al = 55 mmol_c dm⁻³; K, Ca e Mg trocáveis = 1,8; 19 e 13 mmol_c dm⁻³, respectivamente; CTC = 89 e V% = 38. As análises foram executadas segundo metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983).

A área, por aproximadamente vinte anos, foi manejada de modo convencional, constando de arações e gradagens. Durante o ano de 1998, permaneceu sob pousio, voltando a ser cultivada no inverno de 1999, com aveia preta (*Avena strigosa*). Na instalação do experimento, a rebrota da aveia preta e da vegetação espontânea cobria completamente o solo da área.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Em parcelas de 6 x 10 m, foram aplicados os seguintes tratamentos: 1- *Sorghum bicolor* (L.) Moench (grupo racial Guiné), cv. A; 2- *Sorghum bicolor* (grupo racial Guiné), cv. B; 3- *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., cv. BN₂; 4- *Panicum dichotomiflorum* Mix. var. chatinho; 5- vegetação espontânea presente na área.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) adquirido apresentou os seguintes padrões de qualidade da semente: germinação de 78% e teor de água de 8,8%, sendo comercialmente descritas características como altura entre 1,4 e 1,8 m e produção de MS de 10 a 15 t ha⁻¹, para um ciclo de 50 a 80 dias até o florescimento.

As cultivares A e B de sorgo (*Sorghum bicolor*), do grupo racial Guiné, são materiais originados do oeste do continente africano (Doggett, 1976), sendo que os padrões médios de qualidade das sementes foram: cv. A, com

germinação de 89% e teor de água a 9,5%, e cv. B, com germinação de 50% e teor de água a 10,7%. Esses dois grupamentos de genes são classificados por Snowden (1936) como pertencentes à espécie *Sorghum guineense*, raça Guiné. No entanto, *Sorghum bicolor*, raça Guiné, define melhor as características das plantas (Harlan & Wet, 1972). As plantas de sorgo da cv. A, no Brasil, são vulgarmente conhecidas como sorgo de Guiné vermelho (pela coloração dos grãos) ou sorgo de Guiné gigante. Já as plantas de sorgo da cv. B são denominadas de sorgo de Guiné branco ou anão.

O painço (*Panicum dichotomiflorum*) apresenta como época normal de plantio os meses de setembro a dezembro, podendo também ser cultivado em safrinha, de janeiro até a primeira quinzena de março. A variedade empregada apresenta como características: tipo de grão achatado, de coloração creme e diâmetro de 1 a 2 mm; altura de planta de 1 a 1,2 m; emborrachamento entre 40 e 45 dias; perfilhamento médio; ciclo de 70 a 80 dias e produtividade variando de 800 a 1.700 kg ha⁻¹. As sementes utilizadas apresentavam germinação de 74% e teor de água de 9,9%.

Nas parcelas do tratamento vegetação espontânea, fez-se um levantamento visual das espécies presentes, por meio de três técnicos especialistas em plantas daninhas, apresentando-se em maior proporção a tiririca (*Cyperus esculentus*), o picão preto (*Bidens pilosa*), a nabiça (*Raphanus raphanistrum*), a braquiária (*Brachiaria decumbens*), a trapoeraba (*Commelina benghalenses*), o carrapicho (*Cenchrus echinatus*) e a aveia preta (*Avena strigosa*), independentemente da ordem percentual de ocorrência.

A fitomassa que cobria toda área experimental (rebrotada de aveia preta + vegetação espontânea), no momento da instalação do

experimento, foi dessecada com a aplicação de 1.920 g i.a. ha⁻¹ de herbicida à base de glyphosate, duas semanas antes da semeadura direta das espécies de cobertura. A semeadura foi realizada no dia 16/12/1999, utilizando-se a proporção de 20 kg ha⁻¹ de sementes para todas as espécies (Lima *et al.*, 2000a). A emergência ocorreu, no geral, sete dias após a semeadura (23/12/1999), para todas as espécies de cobertura (inclusive a vegetação espontânea).

A operação de semeadura ocorreu de forma mecanizada e direta, sobre a palhada da aveia preta + vegetação espontânea, com o emprego de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto, sendo uma com seis linhas espaçadas 60 cm entre si (PST₂ da Tatu), para as cultivares de sorgo de Guiné, e outra de quinze linhas espaçadas 20 cm (TD 300 da Semeato), para o milho e o painço.

Juntamente com a semeadura, foram aplicados 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Ambrosano & Wutke, 1997), em todas as parcelas, correspondendo a aproximadamente 50 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo. O adubo fosfatado foi misturado, em betoneira, às sementes de milho e painço, no dia da semeadura, em função de serem muito pequenas (< 2,0 mm) e não se disporem de semeadoras com regulagem precisa, para distribuição isolada de sementes e fertilizante (Lima *et al.*, 2000b; Soratto *et al.*, 2003). Assim, o adubo serviu como via de transporte na proporção de 0,4 g de sementes para cada 1 g de adubo depositado por metro. No caso das cultivares de sorgo de Guiné, a semeadura e a adubação fosfatada ocorreram por vias de deposição isoladas, na proporção de 1,2 g de sementes e 3 g de superfosfato triplo por metro. Todas as sementes foram previamente tratadas com fungicida à base de thiabendazole, na dose de 1 g do produto comercial para cada kg de sementes.

Aos 53 dias após a emergência (DAE) (14/02/2000), as espécies de cobertura foram dessecadas com a aplicação mecanizada de herbicida à base de glyphosate, na dose de 1.920 g i.a. ha⁻¹ e volume de aplicação de 280 L ha⁻¹, por meio de pulverizador tratorizado de barras, com bicos do tipo leque, espaçados em 50 cm.

Uma semana após a dessecação das espécies de cobertura (21/02/2000), coletaram-se amostras de fitomassa da parte aérea para as determinações analíticas. O caminhamento de amostragem, dentro das unidades experimentais, foi realizado na diagonal, sendo aleatória a escolha dos locais de coleta, excluindo-se 1 m de cada extremidade como bordadura. Assim, com as espécies de cobertura ainda em pé, para cada parcela realizaram-se três amostragens de 1 m seqüenciado. Neste caso, coletou-se a parte aérea das coberturas vegetais, cortando-se as espécies na região do colo. Para a vegetação espontânea, a fitomassa foi amostrada por três quadros de madeira, com 0,25 m² de área interna, por parcela. Essa coleta constou da retirada de toda fitomassa contida na área interna do quadro. Nos dois tipos de amostragens, as coletas foram realizadas de forma manual, com o auxílio de tesoura de poda.

Os materiais coletados nas amostragens foram acondicionados em sacos de papel, postos para secar em estufa a 60 °C com circulação forçada de ar, até atingirem peso constante. Para tal, foram necessários aproximadamente cinco dias. Em seguida, a MS foi pesada e moída em moinho tipo Willey, para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, de acordo com os métodos descritos por Malavolta *et al.* (1997). Portanto, com a multiplicação da MS produzida pelo teor de nutriente, a quantidade acumulada de macronutrientes das plantas de cobertura foi calculada.

Das amostras de fitomassa, secas e moídas, retiraram-se porções de 25 mg, para determinação química do C orgânico, pelo método da oxidação por dicromato (K₂Cr₂O₇) em meio ácido (H₂SO₄ conc.), com titulação do Cr⁺⁶ em excesso por FeSO₄, conforme método descrito por Tedesco *et al.* (1985). A partir dos resultados obtidos em percentagem de C, pôde-se estabelecer as relações C/N das coberturas vegetais.

Nas mesmas amostras de fitomassa seca e moída coletadas para as avaliações anteriores, realizou-se a extração dos compostos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular (ácidos orgânicos), seguindo o método descrito por Miyazawa *et al.* (2000). Transferiu-se 1 g dos resíduos para frascos de 100 mL e adicionaram-se 50 mL de água destilada, agitando-se por quatro horas a 200 rpm, com posterior filtração. De posse dos extratos vegetais, os teores de Ca, Mg e Mn foram determinados por absorção atômica e os de K e Na, por fotometria de chama. Os resultados foram expressos em mmol_c kg⁻¹, de forma individual para cada elemento e na forma de soma de cátions (Ca, Mg, Mn, K e Na). Também foi analisada, no extrato vegetal, a condutividade elétrica (CE) da solução por condutivimetria, em μS cm⁻¹. Como esse método determina a concentração total dos íons dissolvidos na solução, realizou-se teste de correlação linear (r) com a soma dos cátions, pois tanto a soma de cátions, como a CE, correspondem à quantidade de íons H⁺ e Al³⁺ que podem ser neutralizados pelo resíduo vegetal. Com esse procedimento, identifica-se a contribuição efetiva da palhada na liberação dos compostos orgânicos hidrossolúveis, podendo-se dispor para tal de duas diferentes determinações de rápida e fácil execução.

A análise estatística dos dados constou de análise de variância, seguindo o modelo de

blocos ao acaso, sendo as médias comparadas pelo teste t em nível de 5% de probabilidade de erro. Todos os cálculos foram realizados por meio do programa de computador SISVAR (Ferreira, 1999).

Resultados e Discussão

A precipitação pluvial e as temperaturas ocorridas durante a condução das espécies de cobertura (Figura 1) foram favoráveis ao crescimento vegetativo, havendo restrição hídrica somente entre a semeadura e a emergência das plântulas. Aos 53 DAE, as espécies de cobertura alcançaram alturas médias de 1,6 m para o sorgo de Guiné cv. A, 1,4 m para o milho e 1,0 m para o painço, juntamente com o sorgo de Guiné cv. B.

A espécie de cobertura que produziu maior quantidade de MS da parte aérea foi o milho (Tabela 1). O resultado de 10 t ha⁻¹ foi próximo ao obtido por Pereira (1990), em Mato Grosso do Sul, que constatou 9,2 t ha⁻¹ aos 50

DAE, sabendo-se que, nos dois casos, o manejo da fitomassa coincidiu com o florescimento pleno.

A produção de MS da vegetação espontânea somente foi superada pelo milho, não diferindo das demais coberturas (Tabela 1). Isso provavelmente se deu pela predominância de gramíneas, como braquiária, tiririca, carrapicho e, principalmente, a aveia preta que, de acordo com Holtz & Sá (1995), apresenta grande capacidade de produção de MS.

Entre as espécies de cobertura que foram semeadas, apenas o painço, com a segunda maior produção de MS (Tabela 1), apresentou possibilidade de retorno econômico imediato, pois aos 53 DAE encontrava-se na fase final de enchimento de grãos, o que, após mais alguns dias, possibilitaria sua colheita antes da dessecação.

As produções de MS dos sorgos de Guiné (cv. A e B) foram bem menores que os resultados obtidos por Bairrão (1989), ou seja, 8,7 t ha⁻¹ para o sorgo cv. B e 9,1 t ha⁻¹ para o sorgo cv. A,

TABELA 1. Produção de matéria seca (MS), teor de N e relação C/N da parte aérea das coberturas vegetais, soma de cátions (Ca, Mg, Mn, K e Na) e condutividade elétrica (CE) de extratos vegetais extraídos da parte aérea de espécies vegetais, aos 53 dias após a emergência, em sistema de plantio direto. Botucatu-SP, 1999-2000.

Espécies	MS	N	C/N	Soma de	CE
	(t ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)		Cátions	(μS cm ⁻¹)
	(mmol _c kg ⁻¹)				
<i>Sorghum bicolor</i> (Guiné), cv. A	2,9 c*	19,3 a	22,5 d	64,2 a	1909 a
<i>Sorghum bicolor</i> (Guiné), cv. B	1,9 c	19,0 ab	24,8 cd	61,1 a	1642 ab
<i>Pennisetum glaucum</i> , cv. BN ₂	10,0 a	13,3 cd	33,7 b	23,4 b	1578 ab
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	5,6 b	15,0 bc	30,1 bc	26,8 b	1268 b
Vegetação Espontânea	3,7 bc	10,8 d	41,8 a	26,6 b	494 c
CV (%)	17,39	17,85	15,90	17,91	18,26

* Tratamentos com médias não seguidas da mesma letra diferem, pelo teste t, a 5% de probabilidade de erro.

que, no entanto, foram avaliados durante o período de florescimento. Vale ressaltar que o sorgo de Guiné cv. A, quando semeado em dezembro, em condições ambientais similares às do presente trabalho, no espaçamento de 60 cm entre linhas, cultivado até o pleno florescimento, possui potencial para produção de MS superior a 10 t ha⁻¹ (Mateus, 2003). As baixas produções de MS dos sorgos de Guiné (cv. A e B) se devem, principalmente, ao manejo efetuado quando as duas coberturas encontravam-se em pleno estágio vegetativo, faltando ainda, aproximadamente, 35 dias para o florescimento pleno (Mateus, 2003).

Os sorgos de Guiné, cv. A e cv. B, em termos de valores absolutos, caracterizaram-se por apresentarem os maiores teores de N (Tabela 1). Provavelmente, pelo fato de se encontrarem no meio do estágio vegetativo no momento da dessecação, suas velocidades de absorção de N eram altas, concentrando maior quantidade desse nutriente na MS da parte aérea. Para o milheto, painço e vegetação espontânea, verificaram-se os menores teores de N. Esse fato, principalmente em relação ao milheto, pode ser justificado pelo efeito de diluição, devido à elevada produção de MS.

Quanto à relação C/N das espécies de cobertura, o ideal para anteceder a cultura principal num SPD deve ser maior que 25, de modo a fornecer uma cobertura morta estável (Holtz & Sá, 1995), com elevada persistência da palhada sobre o solo. Partindo desse princípio, constatou-se que o milheto, o painço e a vegetação espontânea atingiram esta expectativa, em função dos menores teores de N observados, enquanto que os sorgos de Guiné cv. A e B ficaram abaixo, mas com valores próximos a 25.

A vegetação espontânea adicionou ao sistema de cultivo a MS com maior relação C/N (Tabela 1), em função de ter sido composta, na sua maioria, por gramíneas, devendo-se atentar

para a presença de aveia preta, que, em média, pode apresentar relação C/N igual a 40 (Holtz & Sá, 1995). No entanto, a diversidade de espécies que podem compor uma vegetação espontânea, cujos desenvolvimentos encontram-se em diferentes estádios, dificultam a sua indicação como cobertura, visando decomposição mais lenta de palhada na superfície do solo em SPD.

O milheto, no florescimento pleno, e o painço, no final da fase reprodutiva, com relações C/N superiores a 30 e as maiores produções de MS (Tabela 1) constituem importantes espécies de cobertura na implantação do SPD. Nesse sentido, quanto maior o aporte inicial de palhada, com relação C/N elevada, mais lenta será a decomposição dos resíduos, havendo benefícios químicos, físicos e biológicos ao solo e às culturas subsequentes, devido à maior proteção do solo e à liberação gradativa de nutrientes.

A determinação da soma de cátions de extratos vegetais (Tabela 1) é um importante método químico aplicável para avaliar a qualidade dos resíduos, podendo auxiliar na escolha das espécies de cobertura com maior potencial de formação de complexos organo-metálicos, responsáveis pela movimentação de cátions básicos no perfil do solo, aumento do pH e imobilização do Al³⁺. Dessa forma, os sorgos de Guiné cv. A e B foram as coberturas vegetais com maior soma de cátions. Isso constitui a elevada quantidade de H⁺ e Al³⁺ que pode ser neutralizada pelos resíduos vegetais dessa espécie, no estágio de desenvolvimento em que foi dessecada, pois os cátions Ca, Mg, K, Na e Mn ligados nos compostos orgânicos hidrossolúveis são substituídos por H⁺ ou Al³⁺, formando compostos estáveis protonados ou complexo Al - orgânico (Miyazawa *et al.*, 2000).

A CE dos extratos vegetais determina a concentração dos íons dissolvidos na solução,

onde os valores podem correlacionar-se positivamente com a determinação da soma de cátions (Miyazawa *et al.*, 2000). Assim, pela conduti-vimetria, observou-se comportamento similar aos resultados obtidos por meio da soma de cátions (Tabela 1), sendo o coeficiente de correlação linear (r) entre soma de cátions e CE significativo ($r=0,53$). Da mesma forma, Franchini *et al.* (1999) constataram que as variações na CE foram correlacionadas com os teores solúveis de bases nos resíduos vegetais.

Os dois métodos utilizados para avaliar a qualidade das espécies de cobertura (soma de cátions e CE) não permitem identificar quais são os ácidos orgânicos envolvidos no processo. Somente a cromatografia líquida HPLC pode determinar cada composto orgânico hidrossolúvel de baixo peso molecular dos extratos vegetais. Essa análise é importante, pois o grau de neutralização do Al^{3+} é determinado pela estabilidade do complexo orgânico formado, ou seja, cada ácido orgânico apresenta uma característica res-

ponsável pela maior ou menor neutralização. Por exemplo, o ácido cítrico pode formar dois anéis de 5 ou 6 átomos, sendo um dos mais fortes, enquanto que o acético, fórmico e láctico não formam complexos (Miyazawa *et al.*, 2000).

Os extratos vegetais apresentaram grande variação na sua composição química (Tabela 2), a ponto de determinarem as diferenças estatísticas apresentadas na soma de cátions e na CE (Tabela 1). Em relação ao teor de nutriente no extrato (Tabela 2), na média geral, observou-se que a concentração dos íons diminuiu na ordem $Ca > Mg > Na > K > Mn$. Isso decorreu, provavelmente, da lavagem do K no tecido vegetal da parte aérea das plantas de cobertura, graças à ação da água das chuvas (Rosolem *et al.*, 2003), que ocorreram de forma intensa entre a dessecação e a coleta da fitomassa (Figura 1), mesmo porque o material coletado não sofreu lavagem com água destilada para posterior secagem e análise.

TABELA 2. Elementos minerais dos extratos vegetais extraídos da parte aérea de espécies vegetais. Botucatu-SP, 1999-2000.

Espécies	Ca	Mg	Mn	K	Na
	----- (mmol _c kg ⁻¹) -----				
<i>Sorghum bicolor</i> (Guiné), cv. A	42,7	9,0	1,0	3,5	8,0
<i>Sorghum bicolor</i> (Guiné), cv. B	36,7	9,2	1,3	3,4	10,5
<i>Pennisetum glaucum</i> , cv. BN ₂	3,0	8,8	0,8	2,9	7,9
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	9,1	8,4	0,6	2,0	6,7
Vegetação Espontânea	8,3	9,3	0,8	0,4	7,8
Média	20,0	8,9	0,9	2,4	8,2

A seqüência esperada, em função da mobilidade que esses elementos apresentam nas plantas (Malavolta *et al.*, 1997), seria $K > Mg > Ca$, pois o K é altamente móvel no floema, formando ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (Rosolem *et al.*, 2003). O Mg, assim como o K, apresenta mobilidade no floema, mas pode estar associado a ânions pouco solúveis em água e o Ca, com pouca mobilidade no floema, exerce papel fundamental na estruturação de membranas e paredes celulares, estando fortemente ligado a esses componentes, de baixa solubilidade em água (Meda *et al.*, 2002).

Percebe-se, porém, uma variabilidade entre as espécies de cobertura quanto à concentração dos cátions básicos (Tabela 2). Os sorgos de Guiné cv. A e B, que encontravam-se na fase vegetativa, ou seja, aproximadamente 35 dias para o florescimento pleno, em função da semeadura efetuada em dezembro (Mateus, 2003), apresentaram os maiores teores de Ca e K.

Ao contrário, plantas em diferentes estádios, como na vegetação espontânea, o milho no florescimento pleno e o painço na fase final de enchimento de grãos sofreram substancial redução nos valores de Ca e K. No estágio reprodutivo, o processo de maturação dos tecidos diminui o teor de substâncias orgânicas responsáveis pelo transporte de Ca e pela neutralização da acidez (Miyazawa *et al.*, 2000). Quanto mais próximo o final do ciclo de cultivo, menor será a quantidade de K presente no tecido vegetal (Rosolem *et al.*, 2003). Assim, a capacidade de neutralização de um resíduo vegetal se reduz com o avanço da idade da planta.

Como a quantidade extraída de um elemento provém da multiplicação do teor de nutriente pela MS produzida, observou-se que as espécies de cobertura com as maiores produções de MS (Tabela 1), independentemente dos teores de seus macroelementos, apresentaram maiores acúmulos para todos os nutrientes avaliados, com exceção da vegetação espontânea, que não seguiu esse comportamento (Tabela 3).

TABELA 3. Macronutrientes na parte aérea de diferentes espécies, aos 53 dias após a emergência, em sistema de plantio direto. Botucatu-SP, 1999-2000.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg
	----- (kg ha ⁻¹) -----				
<i>Sorghum bicolor</i> (Guiné), cv. A	55,9 bc*	6,8 bc	72,3 bc	15,2 bc	10,2 b
<i>Sorghum bicolor</i> (Guiné), cv. B	36,1 c	5,1 c	45,8 cd	9,7 c	6,4 b
<i>Pennisetum glaucum</i> , cv. BN ₂	133,3 a	18,6 a	245,0 a	41,9 a	35,1 a
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	84,0 ab	13,3 ab	102,1 b	17,7 bc	14,5 b
Vegetação Espontânea	39,9 bc	3,2 c	24,1 d	24,3 b	8,7 b
CV (%)	18,95	10,96	19,44	14,57	19,86

* Tratamentos com médias não seguidas da mesma letra diferem, pelo teste t, a 5% de probabilidade de erro.

O nutriente acumulado em maior quantidade, pelas espécies de sorgo de Guiné (cv. A e B), milho e painço, foi o K, sendo seguido por N, Ca, Mg e P (Tabela 3). Esses maiores acúmulos de K confirmam a alta reciclagem desse elemento pelas gramíneas, o que pode favorecer a rotação e a sucessão com leguminosas fornecedoras de N (Raij *et al.*, 1997). Essa seqüência de extração observada para as espécies de cobertura não foi a mesma da vegetação espontânea, devendo-se ressaltar, nesse caso, o maior acúmulo de N. A justificativa para isso deve-se ao fato de que parte das espécies que compunham a fitomassa da vegetação espontânea não pertence à família das gramíneas.

Os sorgos de Guiné (cv. A e B), dessecados praticamente no meio da fase vegetativa (53 DAE), caso fossem conduzidos até o florescimento, provavelmente apresentariam produções de MS bem maiores do que as apresentadas na Tabela 1 e, conseqüentemente, os acúmulos dos macronutrientes seriam mais elevados em relação aos constantes na Tabela 3. Mateus (2003) detectou, aos 95 dias após a semeadura de sorgo de Guiné, realizada em dezembro, um máximo potencial de acúmulo de nutrientes, atingindo, aproximadamente, 164, 15, 301, 80 e 62 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, pela maior produção de MS obtida no florescimento (13,8 t ha⁻¹).

O milho e, em seguida, o painço, conduzidos no verão, em curto período de desenvolvimento (53 DAE), foram as coberturas vegetais que produziram as maiores quantidades de MS (Tabela 1) e, conseqüentemente, o maior acúmulo de macronutrientes na parte aérea (Tabela 3). Assim, diante do grande potencial de extração e acumulação dos nutrientes N, P e K, pelo milho e painço, estaria sendo depositado na superfície do solo o equivalente a 298 e 185 kg ha⁻¹ de uréia,

18 e 13 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 340 e 142 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, respectivamente. No entanto, não se deve esquecer de que se trata de uma reciclagem, devendo haver tempo suficiente para todos esses nutrientes serem disponibilizados no solo, ou seja, os benefícios não são imediatos.

O maior potencial do milho na extração de macronutrientes foi, também, verificado por Primavesi *et al.* (2002). Esses autores, avaliando a qualidade mineral de diversas espécies de plantas de cobertura no verão, na média de dois solos diferentes, com o milho manejado no florescimento, detectaram produção de 18,7 t ha⁻¹ de MS, o que acarretou um acúmulo de, aproximadamente, 287, 32, 406, 35 e 42 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, destacando-se as extrações de N, P, K e Mg em relação às demais espécies de cobertura.

As gramíneas, por seu elevado potencial de produção de MS, em alguns casos, podem depositar mais N no solo que as leguminosas, como no caso do milho (Primavesi *et al.*, 2002). Essas grandes quantidades de N acumuladas, por estarem fixadas em compostos orgânicos, ficam à disposição da ciclagem no complexo planta-palha-solo, formado pelos agroecossistemas.

Já a quantidade potencial de P a ser liberada dos tecidos orgânicos, normalmente ligados estruturalmente a moléculas protéicas e em compostos ligados ao transporte de energia, pode ficar disponível tanto para absorção do sistema radicular da cultura subsequente quanto para imobilização em compostos minerais de difícil solubilidade.

Em relação ao K, é o cátion mais abundante no citoplasma das células vegetais que, porém, não possuem função estrutural (Marschner, 1995), formando ligações com

complexos orgânicos de fácil reversibilidade (Rosolem *et al.* 2003).

Devido à elevada liberação de nutrientes no período inicial de decomposição; no caso do N, segundo Ceretta *et al.* (2002), e em relação ao K, de acordo com Rosolem *et al.* (2003) sugerem que, para maximizar o aproveitamento desses elementos, a implantação da cultura sucessora deve ser realizada o quanto antes, após o manejo das espécies de cobertura, favorecendo um período em que a demanda nutricional não é alta, podendo, inclusive, ser suficiente para o início do seu crescimento.

Portanto, em relação ao que foi discutido sobre a quantidade e a qualidade de resíduos vegetais, a escolha da espécie para compor um programa de rotação e sucessão de culturas deve levar em conta, entre outros fatores, o seu objetivo. Para espécies de cobertura do solo e suprimento inicial de palhada na implantação do SPD, deve-se optar por coberturas vegetais com elevada capacidade de produção de MS, persistência da palhada depositada sobre o solo, em função de uma alta relação C/N, e eficiente reciclagem de minerais, funcionando como fonte gradativa de nutrientes. Neste contexto, em um curto período de desenvolvimento, o milho foi a planta de cobertura que apresentou o maior potencial, além da sua rusticidade, rapidez na formação da cobertura, ciclo adequado e características ecofisiológicas compatíveis com o local e a época de cultivo.

Apesar das vantagens supracitadas do milho como espécie de cobertura não terem sido tão acentuadas em relação ao painço, nas condições em que o experimento foi desenvolvido, as mesmas podem ser consideradas satisfatórias, devendo-se ressaltar, como diferencial favorável do painço, a possibilidade de colheita dos grãos antes do manejo da fitomassa. Essa perspectiva

de retorno financeiro em um curto período de tempo se reveste de fundamental importância no processo de convencimento dos produtores e aceitação pelos mesmos das práticas conservacionistas, como a utilização de espécies de cobertura num programa de rotação e sucessão de culturas em SPD.

Para aumentar a neutralização da acidez e o transporte de Ca e Mg no perfil do solo, o resíduo vegetal deve ser manejado antes do florescimento, sem que, no entanto, ocorra um comprometimento dos efeitos pela redução na produção de MS (Miyazawa *et al.*, 2000), pois, como verificado no presente trabalho, os sorgos de Guiné (cv. A e B) com as maiores somas de cátions e CE apresentaram as menores produções de MS, que, pela quantidade, se mostraram insuficientes para a implantação do SPD em região de inverno seco. Em contrapartida, apesar da alta produção de MS do milho, o menor valor de soma de cátions corrobora aos resultados obtidos por Miyazawa *et al.* (2000), cujo trabalho tinha como objetivo estudar a neutralização da acidez potencial de solo ácido por meio de extratos vegetais, pelo qual constataram que o efeito do milho foi quase nulo quando comparado a treze diferentes espécies, além de possuir baixa capacidade no transporte de Ca (Miyazawa *et al.*, 2000).

Conclusões

O milho, no período de verão, é a espécie vegetal mais indicada para cobertura de solo em curto período de desenvolvimento, por apresentar elevada produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes.

O painço apresenta elevado potencial de produção de matéria seca e reciclagem de macronutrientes, associado à possibilidade de colheita dos grãos antes do manejo da fitomassa.

Os sorgos de Guiné (cv. A e B), manejados em plena fase vegetativa, destacam-se como os resíduos vegetais com maior potencial de liberação de compostos orgânicos hidrossolúveis, no entanto, com comprometimento desse efeito, pela reduzida produção de matéria seca.

Literatura Citada

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B. Leguminosas adubos verdes: crotalária, chícharo ou ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lablabe, mucuna, tremoço. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 189-203. (IAC.Boletim Técnico, 100).

BAIRRÃO, J. F. M. Estudo do comportamento de espécies vegetais no verão para as condições edafoclimáticas do oeste do Paraná. In: RESULTADOS DE PESQUISA VERÃO 1987/88, 3., 1989, Cascavel. **Resumos...** Cascavel: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1989. p. 219-220.

BERTOLINI, D.; KROLL, F. M.; LOMBARDI NETO, F.; CRESTANA, M. de S. M.; DRUGOWICH, M. I.; ELIAS, R.; CORREA, R. O.; BELLINAZZI JUNIOR, R. **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água: tecnologias disponíveis para a implementação de técnicas complementares no solo**. Campinas: CATI, 1994. 128 p. (CATI. Manual, 42).

CAIRES, E. F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEI-

RO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. CD-ROM.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado** - Estação Experimental "Presidente Médici". Botucatu: UNESP, 1983. 95 p. (Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1).

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETO, 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**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2002.

DERPSCH, R.; CALERGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 78 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação/Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância: versão 4.2. Lavras: UFLA/DEX, 1999.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 533-542, 1999.

FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de ro-

tação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 459-467, 2000.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Avaliação do potencial de utilização do material vegetal para mobilização de cátions no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Minicurso...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. 11 p. Apostila.

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais...** Castro: Fundação ABC, 1995. p. 14-30.

LIMA, E. V.; CAVARIANI, C.; LIMA, P. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; NAKAGAWA, J.; VILLAS BOAS, R. L. Qualidade fisiológica de sementes de painço (*Panicum dichotomiflorum* Mix.) em função do tempo de mistura com o superfosfato triplo. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 9, n. 1, p. 459-467, 2000.

LIMA, E. V.; CRUSCIOL, C. A. C.; LIMA, P. L.; ROSELEM, C. A. Produção de matéria seca, teores e acúmulo de macronutrientes em plantas de sorgo, milho e painço na implantação do sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. **A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados: [resumos expandidos]...** Sete Lagoas: ABMS, Embrapa Milho e Sorgo, Universidade Federal de Uberlândia, 2000. CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MATEUS, G. P. **Utilização agropecuária do sorgo de guiné e efeitos na cultura da soja e atributos químicos do solo**. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 647-654, 2002.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Abstracts...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 8.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônomicas**, São Paulo, n. 92, p. 1-8, 2000. Encarte.

PEREIRA, J. A. R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) no cerrado**. 1990. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; ARMELIN, M. J. A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São

Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, n. 1, p. 89-102, 2002.

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

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (IAC.Boletim Técnico, 100).

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista**

Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, 2003.

SORATTO, R. P.; LIMA, E. V.; MAUAD, M.; VILLAS BOAS, R. L.; NAKAGAWA, J. Millet seeds mixed with phosphate fertilizers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 573-579, 2003.

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

ZANCANELLA, E. F.; BONATTI, J. L.; MARTUCCI, L. M. V. **Cultura do painço: informações práticas**. Campinas: CATI, 2003. Folder.