

## Acúmulo de nutrientes e decomposição da palhada de braquiárias em função do manejo de corte e produção do milho em sucessão

Nídia R. Costa<sup>1</sup>, Marcelo Andreotti<sup>1</sup>, Juliana C. Fernandes<sup>1</sup>, Francieli A. Cavasano<sup>2</sup>,  
Nelson de A. Ulian<sup>1</sup>, Cristiano M. Pariz<sup>2</sup> & Fernanda G. dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira-SP, Brasil. Caixa Postal 31. E-mail: nidiarcosta@gmail.com; dreotti@agr.feis.unesp.br; julianafernandes\_tl@hotmail.com; nelsinho\_ulian@yahoo.com.br; nandagarcia@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Fazenda Lageado, s/n, Distrito de Rubião Júnior, CEP 18618-970, Botucatu-SP, Brasil. Caixa Postal 560. E-mail: fran\_cavasano@yahoo.com.br; cmpzoo@gmail.com

### RESUMO

Uma das premissas do sistema plantio direto é a manutenção de palhada sobre a superfície do solo. Porém, o tamanho das partículas em função dos diferentes implementos de corte utilizados para formação da palhada, pode influenciar sua taxa de decomposição. Objetivou-se avaliar, em um Latossolo Vermelho distroférrico sob condições irrigadas no Cerrado, a influência de diferentes manejos da palhada de espécies forrageiras do gênero *Urochloa* no acúmulo de nutrientes, taxa de decomposição da palhada, desenvolvimento da cultura do milho em sucessão e nos atributos químicos do solo para fins de fertilidade. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições em arranjo fatorial 2 x 4, constituído por duas espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*) e quatro formas de manejo das espécies (roçadora, triturador horizontal de palha, rolo-faca e planta inteira) após a dessecação química das plantas. A *U. ruziziensis*, proporcionou maior acúmulo e remanescência de nutrientes sobretudo N e K no período de 180 dias após o manejo, além de promover a mais rápida decomposição e liberação de nutrientes em comparação com a *U. brizantha*, tal como o manejo das plantas com o uso do triturador horizontal de palha. O cultivo das espécies forrageiras e os diferentes manejos da palhada não interferiram na produtividade de grãos do milho em sucessão, não alterando, portanto, os atributos químicos do solo.

**Palavras-chave:** manejo da palhada, plantio direto, *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*

### *Nutrient accumulation and decomposition of straw of Brachiaria in function of different cutting management and production of corn in succession*

### ABSTRACT

One of the premises of the no-tillage system is the maintenance of straw on the soil surface. However, the particle size by different cutting implements used for straw formation can influence its rate of decomposition. Therefore, the objective of this study was to evaluate in a Red Latosol (Oxisol) under irrigation in the "Cerrado" conditions, the influence of different straw management methods of *Urochloa* forage over accumulation of nutrients, straw decomposition rates, development of the subsequent maize crop and soil chemical attributes of soil fertility. The experiment was installed in randomized block design with 4 replications in a factorial arrangement 2 x 4, two forages species (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés and *Urochloa ruziziensis*), and four different cutting management (mowing, horizontal grinding, knife-rolling and whole-plant), after plants chemical desiccation. It was found that *U. ruziziensis* provides greater accumulation and reminiscent nutrients, mainly N and K during the period of 180 days, besides, promoting faster decomposition and nutrients release compared to *U. brizantha*, as well as the plants management under chemical desiccation using a horizontal grinder compared to the others. Both the cultivation of forage species and the different straw management systems did not interfere on grain productivity of the subsequent corn crop neither altered chemical attributes of soil.

**Key words:** straw management, no-tillage system, *Urochloa brizantha*, *Urochloa ruziziensis*, *Zea mays*

## Introdução

Em regiões de inverno seco e quente, como o Cerrado brasileiro, a irregularidade e a baixa precipitação pluvial prejudicam o bom desenvolvimento dos sistemas de cultivo. Portanto, dificultam também o estabelecimento do sistema plantio direto (SPD) visto que proporcionam baixa produtividade de fitomassa e, em virtude do clima quente, favorecem a rápida decomposição dos resíduos vegetais. De acordo com Rossi et al. (2011) nesta região, a rápida decomposição da palhada vegetal é um dos maiores entraves na manutenção do SPD, em que as taxas de decomposição podem situar-se entre cinco até dez vezes superiores às taxas de regiões de clima temperado (Landers, 2007).

Desta maneira, o uso de espécies forrageiras, como as do gênero *Urochloa* para a formação de palha, vem despertando o interesse de muitos agricultores e pesquisadores (Pariz et al., 2011, Rossi et al., 2011). Essas gramíneas são de grande potencial na manutenção da palha sobre o solo devido à sua alta relação C/N e lignina/N total, o que retarda sua decomposição e aumenta a possibilidade de utilização em regiões mais quentes, como o Cerrado (Teixeira et al., 2011, Pariz et al., 2011). Estas espécies se destacam ainda pela adaptação aos solos de baixa fertilidade, facilidade de estabelecimento e considerável produção de biomassa, o que proporciona excelente cobertura vegetal do solo. Além disto, desde que manejadas em determinadas épocas, podem produzir acima de 15 t ha<sup>-1</sup> de biomassa seca, persistindo por mais de 100 dias na superfície do solo (Cobucci et al., 2007).

A permanência da palhada sobre a superfície do solo é importante ainda para a proteção do sistema solo-planta beneficiando a manutenção da umidade e favorecendo a biota do solo e a ciclagem de nutrientes (Calvo et al., 2010). Portanto, o uso de plantas de cobertura é uma excelente alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção. Assim, deve-se conhecer a espécie vegetal a ser utilizada no programa de rotação ou consorciação de culturas quanto à sua produção de matéria seca e ao tempo de decomposição, que interferem diretamente na quantidade de palha sobre o solo e, em contrapartida, na fertilidade do solo (Andreotti et al., 2008).

Nas culturas implantadas com a finalidade de cobertura do solo com elevada produção de biomassa na parte aérea, verifica-se a necessidade de um manejo especial para fracionar, reposicionar e/ou colocar o material em contato com a superfície do solo. De acordo com Derpsch et al. (1991) existem diversos métodos de manejo de resíduos vegetais, tais como o emprego de roçadora, rolo-faca, segadora, herbicidas dessecantes e triturador de palhas tratorizado. No entanto, o manejo dos resíduos culturais em superfície resulta em diferentes velocidades de decomposição por interferir na forma de contato dos resíduos com o solo, sobremaneira em função do tamanho das partículas proporcionadas pelos equipamentos de corte e da sua localização no solo (superfície ou incorporado).

Objetivou-se, então, avaliar em um Latossolo Vermelho distroférico sob condições irrigadas na região de Cerrado, a influência de diferentes manejos da palhada de espécies forrageiras do gênero *Urochloa* no acúmulo de nutrientes na planta, taxa de decomposição da palhada, desenvolvimento da

cultura do milho em sucessão e nos atributos químicos do solo para fins de fertilidade.

## Material e Métodos

A pesquisa foi instalada em uma área que apresentava um histórico de oito anos sob SPD (fase inicial/transição) com culturas anuais e perenes para a formação de palhada (milho, soja, sorgo forrageiro, guandu-anão, *Urochloa brizantha* cv. Marandu, milho) cuja cultura anterior foi o milho cultivado no outono/inverno. A área foi irrigada por aspersão (pivô central), quando necessário (déficits hídricos) durante todo o período experimental.

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2008/2009, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FE/Unesp), área de Produção Vegetal, localizada no município de Selvíria, MS (20°18'S e 51°22'W, altitude de 370 m). O tipo climático é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Na Figura 1 estão apresentados os dados de precipitação pluvial, temperatura máxima, média e mínima, além do fotoperíodo durante o período de realização do experimento, estando dentro da média histórica com precipitação média anual de 1370 mm, com temperatura média de 23,5 °C e umidade relativa do ar (UR%) entre 70-80%.

O solo da área é um LATOSSOLO VERMELHO distroférico, textura argilosa, classificado conforme Embrapa (2006). Os atributos químicos do solo anteriores à instalação do experimento na camada de 0 a 0,20 m, apresentaram os seguintes valores: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,8; M.O. = 22 g dm<sup>-3</sup>; H+Al = 38 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P (resina) = 20 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> = 3,6; 20 e 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, e V=47%.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições em arranjo fatorial 2 x 4, constituído de duas espécies forrageiras: capim-marandu {*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. Marandu [syn. *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu]} e capim-ruziziensis {*Urochloa ruziziensis* (R. Germ. & C. M. Evrard) Morrone & Zuloaga [syn. *Brachiaria*

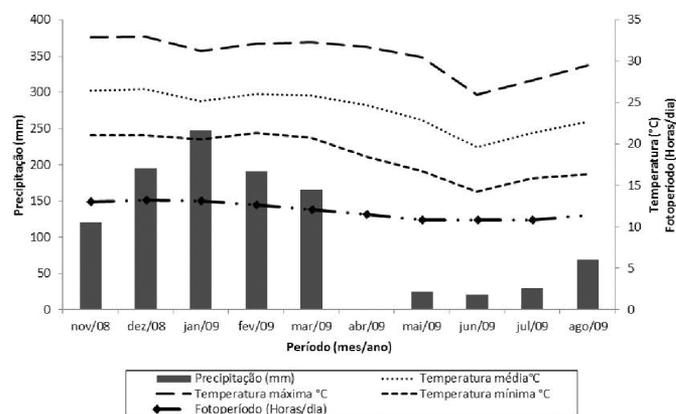


Figura 1. Dados climáticos obtidos da estação meteorológica situada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FE/UNESP, no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, no período de novembro/2008 a agosto/2009

*ruziziensis* R. Germ. & C. M. Evrard]] e quatro formas de manejo das espécies forrageiras: roçadora (RO), triturador horizontal de palha (TH), rolo-faca (RF) e planta inteira (PI), em que a planta foi apenas dessecada sem manejo físico sendo, esses manejos efetuados após a dessecação química das plantas. Cada unidade experimental (parcela) foi constituída de 4,5 m de largura e 15 m de comprimento.

As espécies forrageiras foram semeadas em 13/11/2008, utilizando-se uma semeadora-adubadora com mecanismo sulcador do tipo disco duplo desencontrado para SPD, em espaçamento de 0,34 m com aproximadamente 7 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis (VC=72%). Cerca de sessenta dias após a emergência (20/01/2009) as plantas forrageiras foram uniformizadas com roçadora mecânica, a uma altura de 0,30 m em relação à superfície do solo, para efeito de nivelamento da altura de corte das plantas simulando, desta maneira, uma área sob pastejo. Este manejo também teve por objetivo estimular o perfilhamento e padronizar a idade fenológica dos perfilhos simulando um corte de homogeneização sem remoção do material da área, permanecendo a palhada sobre a superfície do solo.

Após 46 dias da realização do corte de nivelamento (06/03/2009) foi realizada amostragem para determinação da produtividade de massa seca das espécies forrageiras (PMS). Coletaram-se as plantas a 0,05 m acima da superfície do solo em 1,0 m<sup>2</sup> e em quatro locais dentro de cada unidade experimental com auxílio de um quadrado de metal (1,0 m x 1,0 m). Na amostragem de plantas o material cortado foi pesado e as amostras individuais foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 65 °C, até massa constante, para a quantificação da PMS (extrapolada para kg ha<sup>-1</sup>). Após a determinação da PMS as forrageiras foram dessecadas com o herbicida Glyphosate na dose de 1.440 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.), e manejadas de acordo com cada tratamento (RO, TH, RF e PI) aproximadamente 14 dias após a dessecação. A altura de corte pelos equipamentos adotada nos diferentes manejos (exceção ao manejo PI) também foi de aproximadamente 0,05 m em relação à superfície do solo.

Dentre as amostras utilizadas para quantificação da PMS, foram retiradas, após a secagem, subamostras que foram moídas e utilizadas para determinação das concentrações de N, P e K, de acordo com a metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Os teores de macronutrientes foram multiplicados pela PMS de cada tratamento extrapolando-se os resultados para kg ha<sup>-1</sup> resultando, assim, na quantidade de nutrientes deixados na superfície do solo após o corte das forrageiras.

Após a realização dos diferentes manejos das forrageiras, acondicionou-se, em sacos de nylon (*litter bags* de 0,06 m<sup>2</sup>, com 0,30 m de comprimento por 0,20 m de largura) uma quantidade de massa fresca proporcional à PMS de cada parcela. Tais sacos foram depositados em contato direto com o solo da respectiva parcela experimental, logo após a dessecação das plantas. O capim utilizado para enchimento dos sacos de nylon foi coletado nas parcelas após os diferentes manejos da palhada simulando o tamanho dos fragmentos obtidos em cada tratamento. O uso do “Litter Bag” ao invés do método do quadrado de metal para avaliação do tempo de decomposição da palha, foi devido ao fato da área estar sendo cultivada em

SPD há aproximadamente oito anos, em que no momento das avaliações poderia ocorrer contaminação das amostras com palha de cortes anteriores ao objeto de estudo.

Aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após os diferentes manejos das plantas forrageiras, retirou-se um saquinho de cada parcela, a fim de avaliar o remanescente de palha. A massa fresca de dentro de cada embalagem foi limpa em peneira, pesada e seca em estufa a 65°C até massa constante para quantificação da massa seca. Uma subamostra deste material foi moída para determinação dos teores de N, P e K (Malavolta et al., 1997) para posterior cálculo da quantidade de nutrientes remanescentes na palhada.

Com relação aos ajustes lineares de % da palha remanescente no período de 180 DAM, quando as avaliações foram realizadas mensalmente tomou-se, como base inicial, que a quantidade (kg ha<sup>-1</sup>) de palha no dia do manejo equivale a 100%. A partir deste valor, verificou-se o quanto de palhada (%) permaneceu sobre o solo no período de avaliação nos “Litter bags”.

No dia 15/04/2009 o milho (híbrido simples DKB 390 YG) foi semeado mecanicamente por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, sobre a palhada das espécies forrageiras. As sementes foram depositadas a uma profundidade de aproximadamente 0,05 m, em linhas espaçadas 0,90 m e com cerca de 5,4 sementes m<sup>-1</sup> objetivando-se atingir um estande final próximo de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação de semeadura no milho foi realizada com a aplicação de 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-28-16 (24 kg ha<sup>-1</sup> de N, 84 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 48 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, respectivamente) e, como tratamento de sementes, foram utilizados 150 g L<sup>-1</sup> i. a. de imidacloprido + 450 g L<sup>-1</sup> i.a. tiodicarbe. No estágio de 6 folhas (25/05/2009) foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio (20% de N e 24% de S) como adubação em cobertura.

A colheita manual do milho para avaliação dos componentes da produção e produtividade de grãos, foi realizada em 25/08/2009, correspondendo a 128 dias após a emergência (DAE). Um dia antes da colheita foram determinados o estande final de plantas (EFP) e o número de espigas (NE) por hectare, pela contagem do número de plantas e do número de espigas contidas na área útil da parcela (duas linhas centrais desprezando-se um metro nas extremidades) em cada unidade experimental. A altura de plantas (ALTP) e da inserção da espiga principal (AIEP) foi determinada mediante medição, com régua graduada em centímetros, da distância entre o colo da planta e a inserção do pendão floral e a distância entre o colo da planta e a espiga principal, respectivamente.

O diâmetro basal do colmo (DBC) foi determinado no segundo entrenó, acima do solo, com o auxílio de paquímetro. Essas determinações foram efetuadas em 10 plantas escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada unidade experimental, por ocasião da avaliação do estande final de plantas. A massa de 100 grãos (M100) foi determinada pela média dos grãos de quatro amostras de 100 grãos e os resultados foram corrigidos para o teor de 13% de umidade (base úmida). A produtividade de grãos (PG) foi determinada colhendo-se manualmente todas as espigas das plantas contidas na área útil da parcela. Após a colheita, as espigas foram debulhadas mecanicamente

pesando-se os grãos e posteriormente, se calculando, a PG em  $\text{kg ha}^{-1}$  corrigida para o teor de 13% de umidade.

Com o objetivo de caracterizar o solo após efeito da decomposição das espécies forrageiras em função dos diferentes manejos, efetuou-se amostragem de solo na camada de 0 a 0,20 m, 110 dias após o manejo das braquiárias (08/07/2009). Foram coletadas 10 subamostras por parcela, nas entre-linhas do milho, as quais foram misturadas para compor uma amostra por parcela e as análises foram realizadas de acordo com Raij et al. (2001).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, constatando-se a significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A decomposição da palhada foi avaliada por análise de regressão polinomial; enfim, todos os cálculos foram efetuados utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (Ferreira, 1999).

## Resultados e Discussão

A produtividade média de massa seca (PMS) obtida entre as espécies forrageiras avaliadas (Tabela 1) não diferiu estatisticamente; entretanto, verifica-se a elevada quantidade de massa produzida por ambas, em que tal fato contribuirá para a manutenção e continuidade do sistema plantio direto favorecendo, assim, o cultivo de culturas em sucessão. Além disto e de acordo com Ceccon (2007) esta espécie necessita de menores doses de herbicida para a dessecação, apresenta produção uniforme de sementes beneficiando o manejo da espécie no sistema plantio direto (SPD), enquanto a *U. brizantha* floresce de forma desuniforme, o que favorece a criação de bancos de sementes no solo podendo dificultar as semeaduras subsequentes. Apesar de não ter sido realizada adubação, as produtividades obtidas são altas como consequência da alta fertilidade da área experimental, há oito anos cultivada sob SPD.

O acúmulo de N e K pela massa seca da parte aérea da *U. ruziziensis* foi maior quando comparado com o da *U. brizantha* (Tabela 1) sendo os nutrientes mais absorvidos e acumulados no tecido vegetal das plantas de cobertura corroborando com os resultados obtidos por Torres et al. (2005), Boer et al. (2007), Torres et al. (2008), Pacheco et al. (2011) e Pariz et al. (2011) na região do Cerrado. O acúmulo de P não diferiu entre as cultivares (Tabela 1).

Em seu trabalho, Torres et al. (2008) notaram, avaliando o acúmulo de nutrientes em espécies vegetais, que os maiores valores de N, K e Ca foram obtidos com o milheto seguidos pelo sorgo, braquiária e crotalária, fato este atribuído à maior absorção desses elementos pelas gramíneas. Torres et al.

**Tabela 1.** Produtividade de massa seca (PMS) e acúmulo de nutrientes (N, P, K) por espécies de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis* (45 dias após o rebrote)

Espécie	PMS	N	P	K
<i>U. brizantha</i>	9.450 a	106,03 b*	20,79 a	153,56 b**
<i>U. ruziziensis</i>	10.667 a	138,48 a	20,17 a	202,67 a
CV (%)	19,6	12,8	9,3	11,4

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, em que: CV= coeficiente de variação; \*\*, \* (P<0,01) e (P<0,05), respectivamente.

(2005) verificaram, avaliando a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes em diversas espécies de cobertura na região de Cerrado durante dois anos agrícolas, que os valores de N acumulados pela *U. brizantha* foram de 130,8 a 41,6  $\text{kg ha}^{-1}$ , com produtividades de massa seca de 6,0 e 2,1  $\text{t ha}^{-1}$ , respectivamente, para os primeiro e segundo anos, valores esses inferiores aos relatados na presente pesquisa. Essas grandes quantidades de N e K acumuladas contribuem para a ciclagem de nutrientes no complexo planta-palha-solo formado pelos agroecossistemas (Pariz et al., 2011).

Na avaliação de decomposição da palhada de *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, em função dos diferentes manejos no período de 180 dias (Tabela 2) verifica-se que houve ajustes lineares decrescentes de alta significância para todos os tratamentos. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Bertol et al. (2004) que constataram relação linear negativa da decomposição de resíduos vegetais com o tempo. Pela análise dos coeficientes adjuntos da variável independente ("b"), observa-se que o manejo TH resultou em maiores valores e, portanto, pode-se inferir que a decomposição da palha neste manejo é mais rápida em relação aos demais. Quanto ao efeito de espécies, a *U. ruziziensis* também apresentou os maiores valores de "b" e, conseqüentemente, mais rápida decomposição em relação à *U. brizantha*.

Com base nas equações (Tabela 2), pode-se estimar o tempo de meia-vida (tempo necessário para decomposição de 50% da palha sobre o solo) que é um indicativo de durabilidade da palha. Segundo Ceretta et al. (2002), a utilização de plantas de cobertura que alcancem elevada produção de resíduos e que estes apresentem maior tempo de meia-vida, resultam em menor velocidade de decomposição, mantendo os resíduos vegetais sobre o solo por mais tempo, principalmente em regiões com elevadas temperaturas e elevado índice pluviométrico como a região dos Cerrados. Assim o tempo de meia-vida estimado da palha, em ordem decrescente, pelas espécies forrageiras e manejos foi a seguinte: *U. brizantha*/RO com 184 dias, *U. brizantha*/RF com 181 dias, *U. brizantha*/PI com 176 dias, *U. ruziziensis*/RO com 160 dias, *U. brizantha*/TH com 156 dias, *U. ruziziensis*/RF com 155 dias, *U. ruziziensis*/TH com 151 dias e *U. ruziziensis*/PI com 141 dias.

Constata-se que, no geral, a *U. brizantha* teve maior tempo de meia-vida (em torno de 20 dias), provavelmente pela sua

**Tabela 2.** Ajustes de regressão linear para decomposição de massa seca e % de palha remanescente de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis* em função de diferentes manejos da palhada, no período de 180 dias

Tratamentos	<i>U. brizantha</i>		<i>U. ruziziensis</i>	
	Equação	r <sup>2</sup>	Equação	r <sup>2</sup>
Decomposição de massa seca				
RO	$\hat{y} = 9514 - 27,75x$	0,997	$y = 10008 - 30,92x$	0,981
TH	$y = 9504 - 31,67x$	0,934	$y = 10605 - 36,03x$	0,996
RF	$y = 9130 - 24,08x$	0,960	$y = 9770 - 28,50x$	0,956
PI	$y = 9600 - 27,05x$	0,997	$y = 9922 - 33,80x$	0,970
% de palha remanescente				
RO	$\hat{y} = 99,76 - 0,27x$	0,997	$y = 94,66 - 0,28x$	0,973
TH	$y = 99,89 - 0,32x$	0,930	$y = 99,77 - 0,33x$	0,996
RF	$y = 97,11 - 0,26x$	0,971	$y = 91,81 - 0,27x$	0,932
PI	$y = 101,23 - 0,29x$	0,998	$y = 96,68 - 0,33x$	0,984

$\hat{y}$ = massa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $\hat{y}$ = % de palha remanescente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $x$ = dias após manejo da palhada, onde: roçadora (RO), triturador horizontal de palha (TH), rolo-faca (RF) e planta inteira (PI).

menor relação lignina/N total, o que se torna importante do ponto de vista de maior tempo de cobertura do solo visto que, na região do presente estudo e em função sobretudo das altas temperaturas, a decomposição da palhada é acelerada (Pariz et al., 2011). Porém, todas as opções de espécies/manejo avaliados apresentaram meia-vida superior a 120 dias, considerado valor limite para a boa manutenção do SPD no Cerrado.

Independente do manejo utilizado, tais resultados foram possíveis em função da alta quantidade de palhada depositada sobre a superfície do solo (acima de 9.000 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca (Tabelas 1 e 2). Pariz et al. (2011) relataram que, além das condições edafoclimáticas e relação lignina/N total, o tempo de decomposição da palhada de braquiárias em SPD também está diretamente relacionado com a quantidade que é depositada visto que o contato com a superfície do solo acelera esta decomposição. Torres et al. (2005) observaram, avaliando o tempo de meia-vida (T<sub>1/2</sub>) para decomposição de resíduos vegetais, que metade dos resíduos vegetais provenientes da área de pousio e da área de braquiária, havia se decomposto, respectivamente, aos 65 e aos 52 dias. De acordo com os autores, este baixo tempo de meia-vida se deveu à baixa relação C/N desses materiais, valores de 16,1 e 19,6 para pousio e braquiária respectivamente nos dois anos agrícolas avaliados. Kliemann et al. (2006) verificaram, avaliando a taxa de decomposição de diversas espécies de cobertura, que a *U. brizantha* apresentou, em termos relativos, perdas de massa que corresponderam a 48% até os 150 dias de avaliação e de 62%, para o período de 360 dias, calculado em função da equação de regressão, valores esses próximos aos encontrados no presente trabalho.

A liberação de nutrientes da palhada no manejo TH é mais rápida em relação aos demais (Tabela 3), seguindo a tendência apresentada para o tempo de meia vida (Tabela 2). Tal resultado é, provavelmente, produto da uniformidade de distribuição das partículas vegetais sobre o solo e o menor tamanho dessas partículas no corte da palhada com este implemento proporcionando, portanto, maior contato com a superfície do solo. Quanto ao efeito de espécies, a *U.*

*ruziziensis*, também apresentou, em geral, os maiores valores de “b” e, conseqüentemente, mais rápida decomposição em relação à *U. brizantha*.

Boer et al. (2007), avaliaram a ciclagem de nutrientes no Cerrado, utilizando plantas de cobertura semeadas na safrinha e constataram que a maioria dos nutrientes é liberada de forma precoce para aproveitamento da safra seguinte, em razão da acelerada decomposição dos resíduos vegetais. Para compensar essa defasagem torna-se necessário o uso de técnicas que aumentem o acúmulo de fitomassa por parte das plantas de cobertura (Kliemann et al., 2006) e que sincronizem a decomposição da palhada com a taxa de liberação dos nutrientes e a demanda das culturas anuais semeadas em sucessão (Gama-Rodrigues et al., 2007). Parte do N e do P é rapidamente liberada no estágio inicial de decomposição dos resíduos vegetais passível também de ser perdida por lixiviação (Gama-Rodrigues et al., 2007). Porém neste estudo a deposição acima de 9.000 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca de palhada sobre a superfície do solo reduziu a velocidade de liberação desses nutrientes. A liberação máxima de N foi de 65,11 e 74,21 % aos 180 dias após o manejo da palhada de *U. brizantha* e *U. ruziziensis* com roçadora, respectivamente (Tabela 3). As menores liberações foram verificadas no manejo com planta inteira, com liberações de N de 51,58 e 56,43% na *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, respectivamente.

O manejo com planta inteira também proporcionou menores liberações de P, com 40,19 e 34,08% aos 180 dias após o manejo da palhada de *U. brizantha* e *U. ruziziensis*, respectivamente (Tabela 3). Com relação à liberação de K, este foi o nutriente com maior liberação aos 180 dias após o manejo da palhada, aproximando-se a 100%. Porém, da mesma forma que os demais nutrientes, apenas o manejo com planta inteira proporcionou menores liberações de K, com 85,76 e 89,09% na palhada de *U. brizantha* e *U. ruziziensis*. Deve-se enfatizar a expressiva contribuição dessas espécies na ciclagem do K que, no caso da *U. ruziziensis*, atinge valores próximos a 200 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Esta quantidade de nutriente é liberada dos resíduos vegetais e utilizada pelas espécies cultivadas em sucessão. De acordo com Santos et al. (2008) o K possui uma liberação de 80 % para gramíneas e 90 % para leguminosas, no período de 30 dias após manejo das plantas, exercendo importante papel na ciclagem deste nutriente nos sistemas produtivos.

Verifica-se, de maneira geral, que não houve interação significativa entre os componentes morfológicos e a produção do milho cultivado em sucessão, em função das espécies forrageiras e diferentes manejos da palhada (Tabela 4). Por efeito isolado dos tratamentos não ocorreu diferença quanto às espécies forrageiras avaliadas obtendo-se altas produtividades de grãos, independentemente da espécie forrageira utilizada como planta de cobertura.

Os diferentes manejos utilizados na palhada proporcionaram, contudo, diferença significativa nos atributos altura de inserção da espiga principal (AIEP), diâmetro basal de colmos (DBC) e estande final de plantas (EFP). Provavelmente a maior população final de plantas no manejo com triturador (TH) (Tabela 4), está relacionada ao menor tamanho das partículas de palha proporcionada por este manejo, o que facilita o desempenho da semeadora (autor). Este maior EFP

**Tabela 3.** Ajustes de regressão linear para quantidade remanescente de N, P, K na massa seca de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*, em função de diferentes manejos da palhada, no período de 180 dias

Tratamentos	<i>U. brizantha</i>		<i>U. ruziziensis</i>	
	Equação	r <sup>2</sup>	Equação	r <sup>2</sup>
N				
RO	*y = 118,88-0,43x	0,906	y = 172,22-0,71x	0,817
TH	y = 157,43-0,53x	0,567	y = 184,71-0,67x	0,781
RF	y = 122,09-0,39x	0,889	y = 158,87-0,56x	0,928
PI	y = 146,57-0,42x	0,586	y = 181,83-0,57x	0,761
P				
RO	*y = 19,68-0,07x	0,955	y = 28,79-0,09x	0,869
TH	y = 29,79-0,12x	0,681	y = 37,14-0,14x	0,614
RF	y = 21,20-0,08x	0,813	y = 33,35-0,11x	0,679
PI	y = 26,87-0,06x	0,694	y = 31,69-0,06x	0,464
K				
RO	*y = 148,08-0,82x	0,946	y = 180,35-0,95x	0,818
TH	y = 160,94-0,88x	0,907	y = 206,30-1,13x	0,869
RF	y = 148,07-0,81x	0,974	y = 194,69-1,07x	0,939
PI	y = 121,73-0,58x	0,767	y = 193,96-0,96x	0,938

\*y= quantidade de nutriente remanescente (N, P, K) em kg ha<sup>-1</sup> e x= dias após manejo da palhada, ou seja: roçadora (RO), triturador horizontal de palha (TH), rolo-faca (RF) e planta inteira (PI).

**Tabela 4.** Média dos valores de altura de plantas (ALTP), altura de inserção da espiga principal (AIEP), diâmetro basal de colmos (DBC), estande final de plantas (EFP), número de espigas por hectare (NE), massa de cem grãos (M100) e produtividades de grãos (PG) da cultura do milho cultivado sobre palhada de diferentes espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*) e manejos da palhada

	ALTP (cm)	AIEP (cm)	DBC (mm)	EFP	NE	M100 (g)	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
Espécies	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>U. brizantha</i>	256	139	23,6	61.375	59.625	42,5	10.379
<i>U. ruziziensis</i>	257	141	25,2	61.467	60.000	42,0	9.811
Manejos	ns	*	*	**	ns	ns	ns
RO <sup>#</sup>	256	136 b	24,4 ab	58.500 b	58.000	42,5	10.061
TH	261	144 a	22,0 b	64.750 a	62.500	41,7	10.344
RF	254	139 ab	25,1 ab	62.500 ab	60.000	42,1	9.565
PI	254	140 ab	26,1 a	59.714 b	58.571	43,0	10.496
CV (%)	2,9	4,0	10,3	7,4	6,9	3,1	9,9

<sup>#</sup>Roçadora (RO), triturador horizontal de palha (TH), rolo-faca (RF) e planta inteira (PI). Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, onde: \*\*, \*, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

proporcionou, também, maior altura de inserção da espiga principal (AIEP) e menor diâmetro basal do colmo (DBC) neste tratamento, resultado da maior competição intraespecífica.

De modo geral, a maior parte dos componentes da produção avaliados e a produtividade de grãos (PG) da cultura do milho, não apresentaram diferença significativa em função das espécies forrageiras utilizadas, como dos diferentes tipos de manejo da palhada. Esta ausência de efeito dos tratamentos sobre a PG demonstrou que o estado estrutural e a fertilidade do solo não comprometeram a produtividade, ou seja, as modificações provocadas pelos sistemas de manejo não foram suficientes para interferir na produtividade da cultura. A quantidade de palhada e, em consequência, o elevado tempo de meia-vida das forrageiras depositada sobre a superfície do solo pode ter contribuído para a retenção de água proveniente da elevada precipitação pluvial no decorrer do experimento reduzindo as perdas por evapotranspiração, beneficiando a menor competição por água entre as plantas, conforme também relatado por Kaefer et al. (2012). Assim, apesar do experimento ser conduzido em área irrigada por pivô central, este foi pouco acionado, o que se torna importante do ponto de vista ambiental pela economia na utilização de água e redução dos custos de produção, de modo especial com energia para movimentação do pivô central.

Com referência à liberação de N, P e K pela palhada das forrageiras, pode não ter refletido nos componentes da produção e nem na produtividade de grãos da cultura do milho em sucessão em função do histórico da área, a qual se encontrava há oito anos sob SPD. Assim é possível que já estava ocorrendo mineralização do N ao invés de imobilização visto que, de acordo com Anghinoni (2007), a partir de cinco

anos de SPD se inicia o acúmulo de matéria orgânica, fósforo e palha na superfície, sendo que a imobilização de N se aproxima da mineralização. Aliado ao fato, o solo do presente estudo também apresentava bons teores de matéria orgânica, P e K.

Apesar dos diferentes manejos da palhada não terem proporcionado diferença significativa na PG, deve-se tomar cuidado com a provável maior dificuldade de corte da palhada no momento da semeadura tendo em vista as altas PMS obtidas pelas forrageiras, o que pode interferir na distribuição e no contato da semente com o solo dificultando a emergência e o desenvolvimento inicial da cultura de interesse econômico, aspecto no qual o manejo da palhada com algum implemento se torna importante para evitar tais problemas.

Os resultados médios provenientes da análise química do solo para fins de fertilidade (Tabela 5) demonstraram, decorridos cerca de 110 dias após o manejo das espécies forrageiras, diferenças significativas apenas para a soma de bases (SB) em função das espécies, em que a *U. ruziziensis* proporcionou maior valor devido, provavelmente, a uma liberação maior de bases ao solo pela sua constituição com maiores teores nutricionais (Tabela 1). Verificou-se, também, efeito da interação espécies *versus* manejos de corte, para os atributos pH, teores de Ca, H + Al e V%.

De maneira geral, não houve diferença significativa dos atributos pesquisados com relação aos diferentes manejos da palhada. Entretanto, ressalta-se que houve aumento nos teores de alguns atributos, como o pH, MO e K, os quais podem melhorar o desenvolvimento das culturas em sucessão. Os outros atributos analisados permaneceram, aproximadamente, com os mesmos teores comparados aos iniciais (antes da instalação do experimento), demonstrando que, mesmo com

**Tabela 5.** Média dos atributos químicos do solo para fins de fertilidade na camada de 0 – 0,20 m, em função de diferentes espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*) e manejos da palhada

	P mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	pH <sup>#</sup> CaCl <sub>2</sub>	K	Ca <sup>#</sup>	Mg	H + Al <sup>#</sup> mmolc dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	V <sup>#</sup> %
Espécies	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
<i>U. brizantha</i>	19,7	27,6	4,78	4,9	18,6	10,6	46,4	34,1 b	80,6	42,5
<i>U. ruziziensis</i>	21,9	26,5	4,93	4,8	21,5	12,2	43,3	38,5 a	81,8	47,0
Manejos	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RO	21,9	27,1	4,76	4,6	17,9	10,5	47,4	33,0	80,4	41,1
TH	17,8	27,1	4,79	5,3	19,9	11,5	45,2	36,7	82,0	44,5
RF	27,2	27,2	4,84	5,2	20,0	10,5	47,2	35,6	82,8	43,0
PI	15,4	26,6	5,06	4,3	22,9	13,1	39,0	40,3	79,3	50,9
CV (%)	5,5	7,2	3,7	20,1	18,0	21,1	11,6	16,7	4,2	14,8

<sup>#</sup>Interações significativas. Onde: roçadora (RO), triturador horizontal de palha (TH), rolo-faca (RF) e planta inteira (PI). Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste "t" de Student, onde: \*\*, \*, ns: (P<0,01), (P<0,05) e (P>0,05), respectivamente.

o cultivo intensivo da área, as espécies forrageiras podem favorecer, pelo processo de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, nutrientes ao solo em curto período de tempo.

Analisando os desdobramentos (Tabelas 6) observou-se que dentro da espécie *U. brizantha*, o manejo com TH (tritador horizontal) proporcionou aumento de pH, teores de Ca e V%, com redução dos teores de H+Al. Quando comparado aos demais manejos, o que se constatou foi que as diferenças na melhoria da fertilidade do solo proporcionadas pelo manejo com TH, podem ser atribuídas ao fato da melhor distribuição de palha sobre o solo e pelo menor tamanho dos fragmentos de palha, facilitando a decomposição e a ciclagem de nutrientes.

**Tabela 6.** Desdobramento das interações significativas para teores de pH, Ca, H+Al e valores de V% na camada de 0 – 0,20 m, em função de diferentes espécies forrageiras (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*) e manejos da palhada

	<i>U. brizantha</i>	<i>U. ruziziensis</i>	<i>U. brizantha</i>	<i>U. ruziziensis</i>
	pH		Ca	
RO	4,62 b B	5,05 a A	15,0 b B	24,8 a A
TH	5,05 a A	5,07 a A	23,0 a A	22,7 a A
RF	4,82 ab A	4,75 a A	20,5 ab A	19,2 a A
PI	4,62 b B	4,90 a A	16,0 ab A	19,7 a A
	H+Al		V%	
RO	49,8 a A	40,8 ab B	38,0 ab B	51,0 a A
TH	39,0 b A	39,0 b A	51,0 a A	50,7 a A
RF	44,8 ab A	49,8 a A	45,0 ab A	41,0 a A
PI	52,2 a A	42,5 ab B	36,0 b B	46,3 a A

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Onde: roçadora (RO), triturador horizontal de palha (TH), rolo-faca (RF) e planta inteira (PI).

O manejo com PI (planta inteira) e RF (rolo-faca) proporcionou menor contato solo/palha, devido à não fragmentação (trituração) das partículas ao passo que o manejo RO (roçadora), além de triturar a palha em demasia ainda não proporciona uma cobertura homogênea do solo (Derpsch et al., 1991). Já para a *U. ruziziensis* dentro dos manejos houve efeito semelhante ao da *U. brizantha*, para o efeito do TH (tritador horizontal) na redução da acidez potencial.

Comparando as espécies forrageiras dentro dos manejos (Tabela 6) utilizando-se o manejo RO (roçadora) e PI (planta inteira), a *U. ruziziensis* proporcionou aumento de pH, teores de Ca e V%, com redução dos teores de H+Al, quando comparada à *U. brizantha*. Esses resultados corroboram com o obtido para a soma de bases (Tabela 5) devido, provavelmente, a uma degradação mais rápida da palha e liberação de bases ao solo e pela sua constituição com maiores teores nutricionais (Tabela 1), a *U. ruziziensis* destacou-se da *U. brizantha*.

A fertilidade do solo após o cultivo das espécies forrageiras foi alterada em relação à análise inicial do solo (material e métodos) com aumento mais evidente dos teores de M.O. e, conseqüentemente, aumento da acidez (potencial e trocável); entretanto, as forrageiras (gramíneas) proporcionaram elevação dos teores de K em grandeza de aproximadamente 40% comprovando seu efeito na ciclagem de nutrientes (Tabela 1) aliada também à adubação mineral realizada no momento da semeadura da cultura do milho.

De acordo com Santos & Tomm (2003) a manutenção do teor de matéria orgânica em valores mais elevados na camada superficial do solo, em especial nos sistemas conservacionistas,

decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície, pois não é realizada sua incorporação física pelo revolvimento do solo, o que diminui a taxa de mineralização na semeadura direta.

Assim, para manutenção ou melhoria das propriedades físicas e químicas do solo em SPD, a escolha da espécie e o manejo das plantas de cobertura têm fundamental importância, uma vez que geram resíduos que contribuem para a proteção do solo contra a erosão e com o crescimento radicular e decomposição da palha, produzem compostos que modificam a fertilidade do solo inclusive com reciclagem de nutrientes que podem ser aproveitados pelas culturas em sucessão (Aidar & Kluthcouski, 2003). Deste modo, a decomposição da palhada remanescente das espécies forrageiras avaliadas neste trabalho, sem dúvida forneceu, adequadamente, nutrientes às plantas pelo processo de decomposição garantindo um suprimento nutricional adequado à cultura do milho cultivado em sucessão.

## Conclusões

A *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e a *Urochloa ruziziensis* são boas alternativas para a produção de palhada por apresentarem elevada produtividade de massa seca em antecessão à cultura do milho sob sistema plantio direto.

A *Urochloa ruziziensis* apresenta maior acúmulo de N e K em relação à *Urochloa brizantha* cv. Xaraés.

O manejo da palhada com roçadora, triturador horizontal de palha ou rolo-faca, favorece a liberação de N, P e K em relação à planta inteira mantida sobre a superfície do solo.

As espécies forrageiras e os manejos da palhada não interferiram na produtividade de grãos do milho em sucessão.

## Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica para a terceira autora (Processo FAPESP nº 2008/11121-5).

## Literatura Citada

- Aidar, H.; Kluthcouski, J. Evolução das atividades lavoureiras e pecuária nos cerrados. In: Kluthcouski, J.; Stone, L.F.; Aidar, H. (Eds.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.25-58.
- Andreotti, M.; Araldi, M.; Guimarães, V. F.; Furlani, E.; Buzetti, S. Winter corn yield and chemical modifications in latosol as a function of covering species after lime application under no tillage system. *Acta Scientiarum*, v.30, n.1, p.109-115, 2008. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1158>>.
- Anghinoni, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: Novais, R. F.; V. Alvares, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantareutti, R. B.; Neves, J. C. L. (Eds.). Fertilidade do solo. 1.ed. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.873-928.

- Bertol, I.; Leite, D.; Zoldan Jr., W.A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.2, p.369-375, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200015>>.
- Boer, C. A.; Assis, R. L.; Silva, G. P.; Braz, A. J. B. P.; Barroso, A. L. L.; Cargnelutti Filho, A.; Pires, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900008>>.
- Calvo, C. L.; Foloni, J. S. S.; Brancalhão, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, v.69, n.1, p.77-86, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000100011>>.
- Ceccon, G. Palha e pasto com milho safrinha em consórcio com braquiária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 2 p. (Circular Técnica).
- Ceretta, C. A.; Basso, C. J.; Herbes, M. G.; Poletto, 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, n.1, p.49-54, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000100009>>.
- Cobucci, T.; Wruck, F. J.; Kluthcouski, J.; Cavalcante, L. M.; Martha Junior, G. B.; Carnevali, R. A.; Teixeira, S. R.; Polinária, A.; Teixeira, M. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos. *Informe Agropecuário*, v.28, p.64-79, 2007.
- Derpsch, R.; Roth, C. H.; Sidiras, N.; Kopke, U. Controle da erosão do solo no Paraná, Brasil. In: Sistema de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Londrina: IAPAR, 1991. p.117-146.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- Ferreira, D. F. Sisvar: Sistema de análise de variância. Lavras: UFLA/DEX, 1999.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Gama-Rodrigues, E. F.; Brito, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.6, p.1421-1428, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600019>>.
- Kaefer, J. E.; Guimarães, V. F.; Richart, A.; Campagnolo, R.; Wendling, T. A. Influência das épocas de manejo químico da aveia-preta sobre a incidência de plantas daninhas e desempenho produtivo do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.33, n.2, p.481-490, 2012. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p481>>.
- Kliemann, H. J.; Braz, A. J. B. P.; Silveira, P. M. Taxa de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.36, n.1, p.21-28, 2006. <<https://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/2165>>. 05 Fev. 2014.
- Landers, J. N. Tropical crop-livestock system in conservation agriculture: the Brazilian experience. Roma: FAO, 2007. 92p. (FAO. Integrated Crop Management, 5). <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1083e/a1083e.pdf>>. 05 Feb. 2014.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997. 319p.
- Pacheco, L. P.; Barbosa, J. M.; Leandro, W. M.; Machado, P. L. O. A.; Assis, R. L.; Madari, B. E.; Petter, F. A. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.5, p.1787-1799, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000500033>>.
- Pariz, C. M.; Andreotti, M.; Buzetti, S.; Bergamaschine, F. A.; Ulian, N. A.; Furlan, L. C.; Meirelles, P. R. L.; Cavasano, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.6, p.2029-2037, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600019>>.
- Rossi, C. Q.; Pereira, M. G.; Giacomo, S. G.; Betta, M.; Polidoro, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. *Bragantia*, v.70, n.3, p.622-630, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300018>>.
- Santos, F. C.; Neves, J. C. L.; Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Sediyaama, C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.4, p.1661-1674, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400031>>.
- Santos, H. P.; Tomm, G. O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. *Ciência Rural*, v.33, n.3, p.477-486, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000300013>>.
- Teixeira, M. B.; Loss, A.; Pereira, M. G.; Pimentel, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.3, p.867-876, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300021>>.
- Torres, J. L. R.; Pereira, M. G.; Andrioli, I.; Polidoro, J. C.; Fabian, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.4, p.609-618, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000400013>>.
- Torres, J. L. R.; Pereira, M. G.; Fabian, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.3, p.421-428, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300018>>.