

**Teores de Hemiceluloses, Celulose
e Lignina em Plantas de Cobertura
com Potencial para Sistema
Plantio Direto no Cerrado**



Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 290

Teores de Hemiceluloses, Celulose e Lignina em Plantas de Cobertura com Potencial para Sistema Plantio Direto no Cerrado

Arminda Moreira de Carvalho

Raíssa de Araujo Dantas

Mateus Costa Coelho

Wallisson Martins Lima

João Paulo Silva Porto de Souza

Olívia Padilha Fonseca

Roberto Guimarães Júnior

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*

Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*

Equipe de revisão: *Francisca Eljani do Nascimento*

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*

Normalização bibliográfica: *Paloma Guimarães Correa de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Fabiano Bastos*

Capa: *Fabiano Bastos*

Foto da capa: *Arminda Moreira de Carvalho*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2010): tiragem 100 exemplares

1ª edição online (2010)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

-
- T314 Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado / Arminda Moreira de Carvalho... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2010.
15 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X ; 290).

1. Cerrado. 2. Hemiceluloses. 3. Celulose. 4. Lignina. 5. Plantio direto. I. Carvalho, Arminda Moreira de. II. Série.

633.2 - CDD 21

© Embrapa 2010

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	14
Referências	15

Teores de Hemiceluloses, Celulose e Lignina em Plantas de Cobertura com Potencial para Sistema Plantio Direto no Cerrado

*Arminda Moreira de Carvalho*¹; *Raíssa de Araujo Dantas*²; *Mateus Costa Coelho*³; *Wallisson Martins Lima*⁴; *João Paulo Silva Porto de Souza*⁵; *Olívia Padilha Fonseca*⁶; *Roberto Guimarães Júnior*⁷

Resumo

As plantas de cobertura constituem importante prática agrícola no sistema plantio direto porque protegem o solo da erosão, incrementam matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, controlam plantas invasoras e contribuem para economia de água e fertilizantes. Assim, um experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, para avaliar teores de hemiceluloses, celulose e lignina em espécies vegetais (*Brachiaria ruziziensis*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia brasiliensis*, *Cajanus cajan*, *Pennisetum glaucum*, *Mucuna aterrima*, *Raphanus sativus* L., *Sorghum bicolor*, *Triticum aestivum* e vegetação espontânea), sob corte na floração e maturação, em sistema plantio direto. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e arranjo de parcelas subdivididas (parcelas com espécies vegetais e subparcelas com épocas de corte) com três repetições. Maiores quantidades de matéria seca foram obtidas pelo *Sorghum bicolor*, seguido de *Pennisetum glaucum* na maturação. Maiores concentrações de lignina foram obtidas em plantas de cobertura sob corte na maturação. Teores de lignina mais elevados foram analisados no tecido vegetal de *Cajanus cajan* e menores concentrações em *Brachiaria ruziziensis*. Os resultados obtidos permitem indicar plantas de cobertura para o uso em sistema de plantio no Cerrado.

Termos para indexação: composição química, matéria orgânica, plantio direto.

¹ Engenheira Agrônoma, D.Sc., pesquisadora da Embrapa Cerrados, arminda@cpac.embrapa.br

² Graduanda em Agronomia na UnB, estagiária da Embrapa Cerrados, rahdantas08@gmail.com

³ Graduando em Agronomia na UnB, estagiário do Embrapa Cerrados, costa9001@hotmail.com

⁴ Graduando em Zootecnia na Faculdades Integradas – UPIS, estagiário da Embrapa Cerrados, wallissondf@hotmail.com

⁵ Graduando em Agronomia na UnB, estagiário da Embrapa Cerrados, jpsilvaporito@gmail.com

⁶ Graduanda em Agronomia na UnB, estagiária da Embrapa Cerrados, olivia.padilha@hotmail.com

⁷ Médico Veterinário, D.Sc., pesquisador da Embrapa Cerrados, guimaraes@cpac.embrapa.br

Lignin, Hemicelluloses and Cellulose Concentrations of Cover Plants with Potential Use in no-Tillage Systems in Cerrado

Abstract

The use of cover crops constitutes an important agricultural practice, especially in no-tillage system. These plant species protect the soil from erosion processes, maintain levels and quality of organic matter, and promote weeds control, nutrient cycling, and economy of water and fertilizers. The present experiment was conducted at the experimental area of Embrapa Cerrados, in Planatina, DF, Brazil, with the aim of evaluating the levels of hemicellulose, cellulose, and lignin of cover crops under maneuver at flowering and maturation, in no-tillage system. Thus, the levels hemicellulose, cellulose, and lignin were determined for the following plant species: Brachiaria ruziziensis, Crotalaria juncea, Canavalia brasiliensis, Cajanus cajan, Pennisetum glaucum, Mucuna aterrima, Raphanus sativus L., Sorghum bicolor, Triticum aestivum, and spontaneous vegetation. It was used a randomized block design in a split plot arrangement, being analyzed in the plot the species and in the subplots cutting times, with three replications. The greatest amounts of dry matter were obtained by Sorghum and Pearl millet, at the maturation. Compared to the samples collected at flowering, the plant tissue of the cover crops at maturation presented higher concentrations of lignin. The higher levels of lignin were observed in the plant tissue of Cajanus cajan cv mandarim, while the lower concentrations of this compound were observed in Brachiaria ruziziensis. Therefore, the results obtained in this study allow a recommendation of cover crops to be used in no-tillage systems in Cerrado.

Index terms: chemical composition, organic matter, no-tillage.

Introdução

A área total cultivada com soja e milho no Brasil é de aproximadamente 37 milhões de hectares, dos quais 70% (25 milhões de hectares) utilizam o sistema plantio direto (LEITE, 2009). Porém, para que se incrementem os estoques de carbono e de nitrogênio no solo, é fundamental que esse sistema esteja associado à elevada produção de biomassa, decomposição lenta, conseqüentemente, acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo.

O estoque de carbono no perfil do solo está diretamente relacionado com o aumento de nitrogênio, advindo da fertilização ou do uso de plantas de cobertura, principalmente, de leguminosas (SISTI et al., 2004). Essas plantas devem contribuir para incorporar carbono e nitrogênio no solo e mitigar as emissões de gases de efeito estufa.

O sistema plantio direto, quando bem manejado com rotação de culturas, incluindo leguminosas, pode acumular C e N, devido ao “sequestro” de C do ar atmosférico (CO₂) e do solo, com potencial de mitigar as emissões de gases de efeito estufa, destacando-se CO₂ e N₂O. As plantas de cobertura, cujas funções básicas são proteger o solo contra erosão, incrementar teores de matéria orgânica e melhorar sua qualidade, promover economia de água e fertilizantes, controlar plantas invasoras e tornar mais eficiente a ciclagem de nutrientes, constituem um importante componente agrícola, principalmente, no sistema plantio direto (CARVALHO; AMABILE, 2006; WUTKE et al., 2009).

A produção de biomassa vegetal é um dos principais parâmetros a ser considerado na formação de palhada no sistema plantio direto. Fatores relacionados à composição química de resíduos vegetais (teores de hemiceluloses, celulose e lignina) também são relevantes para o estabelecimento de cobertura na superfície do solo (CARVALHO et al., 2008, 2009).

A lignina é uma macromolécula tridimensional amorfa encontrada em vegetais associada à celulose na parede celular cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais. Ela é geralmente mais resistente à decomposição biológica que os outros biopolímeros principais encontrados em resíduos de planta, por causa de sua estrutura química. O teor de lignina em plantas jovens é muitas vezes menor que 5%, enquanto plantas maduras podem conter até 15%. A taxa de decomposição da lignina é lenta comparada com a de celulose e hemiceluloses (WAGNER; WOLF, 1999). Maiores índices de decomposição têm sido observados nos carboidratos solúveis (sacarose e amido), seguidos dos carboidratos estruturais, hemiceluloses, celulose e lignina, sendo este o mais refratário ao ataque microbiológico (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

A maior quantidade de carbono nos resíduos vegetais está na forma de carboidratos, tal como os polissacarídeos estruturais. O teor de celulose em plantas, geralmente, aumenta com o amadurecimento, podendo ser menor que 15% do peso seco para plantas jovens. Na degradação da celulose, as reações envolvidas tornam o carbono disponível para o crescimento de microrganismos (DENG; TABATAI, 1994).

A hemiceluloses é o segundo carboidrato mais comum que constitui os resíduos das plantas e consiste de polímeros contendo hexoses, pentoses e ácidos urônicos. Eles constituem um grupo diverso de polissacarídeos estruturais que compreendem mais de 30% da massa seca dos resíduos das plantas. Sua decomposição é geralmente rápida e excede a taxa de decomposição da celulose (WAGNER; WOLF, 1999).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar teores de hemiceluloses, celulose e lignina no tecido de espécies vegetais com potencial para uso em sistema plantio direto, sob manejo na floração e maturação, no Cerrado.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em área da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, situada a 15°35'30" latitude S, 47°42'30" longitude O. O solo é classificado como Latossolo Vermelho A moderado, textura argilosa, fase Cerrado, relevo plano. A análise química (camada de 0 cm a 10 cm) efetuada no início do experimento, de acordo com Embrapa (1997), forneceu os seguintes resultados: pH (em água) = 6,0; MO = 21,7 g kg⁻¹; P_{Mehlich-1} = 0,9 mg kg⁻¹; Al⁺⁺⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹; H⁺ + Al⁺⁺⁺ = 2,9 cmol_c kg⁻¹; Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ = 2,9 cmol_c kg⁻¹; K⁺ = 0,1 cmol_c kg⁻¹.

Em relação ao clima, a área está inserida no domínio morfoclimático do Cerrado, com clima tropical estacional (Aw), ou seja, com inverno seco e chuvas máximas de verão, conforme a classificação proposta por Köppen. Nessa região, a precipitação média anual oscila em torno de 1.400 mm e 1.600 mm, e a temperatura média anual do ar varia entre 22 °C e 27 °C (ADÁMOLI et al., 1987).

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura da área experimental são apresentados na Figura 1.

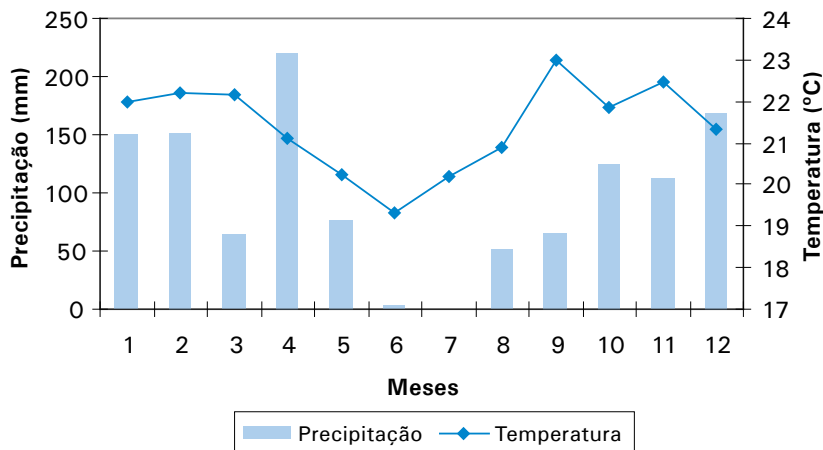


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura da área experimental, Embrapa Cerrados, Planaltina de Goiás, DF

As seguintes espécies vegetais foram semeadas em abril de 2009 para cobertura do solo: crotalária-juncea (*Crotalaria juncea*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), guandu cv. mandarim (*Cajanus cajan*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), nabo-forrageiro (*Raphanus sativus L.*), braquiária ruziziensis (*Brachiaria ruziziensis*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo cv. BR 304 (*Sorghum bicolor*) e trigo (*Triticum aestivum*). A testemunha foi constituída de vegetação espontânea. A densidade de plantas foi de 20 plantas m⁻¹ para crotalária-juncea, guandu, sorgo, trigo e braquiária ruziziensis; 40 plantas m⁻¹ para milheto e nabo-forrageiro; 10 plantas m⁻¹ para feijão-bravo-do-ceará e mucuna-preta. O espaçamento entre linhas de semeadura foi de 0,5 m para todas as espécies vegetais (BURLE et al., 2006; CARVALHO; AMABILE, 2006).

As plantas de cobertura foram semeadas diretamente sobre os restos culturais do milho, utilizando a fertilização residual dessa cultura, que recebeu no sulco de semeadura as doses de: 20 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de K₂O, 15 kg ha⁻¹ de S e 10 kg ha⁻¹ de FTE BR 12 provenientes da ureia, superfosfato triplo, cloreto de potássio, superfosfato simples e fritas silicatos complexos (FTE), respectivamente. Foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura na forma de ureia, sendo 50 kg ha⁻¹ de N quando as plantas de milho emitiram a sexta folha e mais 50 kg ha⁻¹ de N quando o milho apresentou o oitavo par de folhas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos distribuídos em parcelas subdivididas, com três repetições (blocos). As parcelas foram representadas pelas espécies vegetais (12 x 8 m) e as subparcelas (12 x 4 m) pelas épocas de cortes, (floração e maturação).

A amostragem visando determinar matéria seca a 105 °C e análises de fibra em detergente ácido (FDA), de fibra em detergente neutro (FDN) e lignina foi realizada com o corte das plantas rentes ao solo (duas repetições de 1 m² por subparcela), nos períodos compreendidos entre o início e 50% de floração e na maturação, estágio considerado depois da colheita de grãos. O ciclo de cada planta de cobertura está descrito em

Carvalho & Amabile (2006); Burle et al. (2006). As plantas de cobertura cultivadas nas subparcelas sob manejo de corte na floração foram roçadas e deixadas na superfície do solo para posterior plantio direto da cultura de milho. Após amostragem do material vegetal na maturação e antes da semeadura do milho, aplicaram-se 2,5 L ha⁻¹ de glifosato para dessecação das plantas daninhas e das plantas de cobertura que rebrotaram. Para obter o peso da matéria seca, o material permaneceu em estufa de ventilação forçada a 65 °C, até alcançar o peso constante e uma pequena parte foi triturada, mineralizada e analisada.

As análises de matéria seca a 105° C, de fibra em detergente ácido (FDA), de fibra em detergente neutro (FDN) e lignina foram realizadas pelo método sequencial (ROBERTSON; VAN SOEST, 1981). Os teores de hemiceluloses e celulose foram determinados pelas diferenças entre FDN e FDA, e entre FDA e lignina, respectivamente.

Análise de variância foi aplicada para avaliar os efeitos das espécies vegetais (parcelas) e das épocas de corte das plantas de cobertura (subparcelas) ao experimento com dados repetidos ao longo do tempo. Aplicou-se o teste de comparações múltiplas de médias (Tukey-Kramer a 5% de significância) aos tratamentos (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, INC., 1999).

Resultados e Discussão

Foram constatados efeitos significativos das plantas de cobertura e da interação destas com os períodos de corte quanto à produção de matéria seca (Tabela 1). Em relação aos teores de hemiceluloses, celulose e lignina foram observados efeitos significativos das plantas de cobertura e das épocas de corte, porém a interação entre plantas de cobertura e época de corte não foi significativa (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Produção de matéria seca, teores médios de hemiceluloses, celulose e lignina em diferentes espécies de plantas de cobertura, Planaltina, DF, 2009.

Plantas de cobertura	Matéria seca		Hemicelulose	Celulose	Lignina
	T ha ⁻¹				
	Floração	Maturação	%		
Braquiária ruziziensis	2,82 d	4,81 a	31,93a	10,57d	1,75d
Crotalária-juncea	3,14 d	3,10 ab	14,43c	18,57a	4,34ab
Feijão-bravo-do-ceará	3,69 d	5,06 a	19,69b	12,43cd	3,81bcd
Guandu cv mandarim	4,47 c	5,62 a	16,06bc	10,58d	5,95a
Milheto	6,56 b	2,80 b	30,20a	17,82ab	3,40bcd
Mucuna-preta	3,87 d	4,52 a	13,76c	14,35bc	5,56ab
Nabo-forrageiro	4,37 cd	3,87 ab	12,36c	16,46ab	4,20ab
Sorgo cv. BR 304	9,28 a	4,47a	28,44a	18,42a	2,03cd
Trigo	0,92 e	1,86 b	29,55a	18,71a	3,43bcd
Vegetação espontânea	2,24 d	2,28 b	18,48b	15,52abc	3,81bcd
CV %	14,8		6,0	15,2	26,9

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

Tabela 2. Teores médios de hemiceluloses, celulose e lignina em tecido vegetal de plantas de cobertura com corte na floração e maturação, Planaltina, DF, 2009.

Período de corte	Hemiceluloses	Celulose	Lignina
Floração	21,38a	13,80a	3,23a
Maturação	21,59a	16,89b	4,42b

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

As maiores quantidades de matéria seca foram produzidas pelo sorgo seguido do milho, no corte efetuado na maturação. Na floração, exceto trigo, vegetação espontânea e milho, as demais plantas de cobertura apresentaram as mais elevadas produções de matéria seca. A quantidade de biomassa produzida deve estar associada à composição química do material vegetal – por exemplo, teores de hemiceluloses, celulose e lignina – que deve refletir no processo de decomposição (Carvalho et al., 2008; 2009), conseqüentemente, no acúmulo de palhada na superfície do solo.

Os teores de celulose e lignina no tecido vegetal das plantas de cobertura foram maiores na maturação em relação à amostragem na floração (Tabela 1). Esse resultado comprova o amadurecimento das plantas proporciona incrementos nos teores dos constituintes fibrosos com espessamento e lignificação da parede celular, conseqüentemente, maior resistência à decomposição (WAGNER; WOLF, 1999).

Os teores mais elevados de lignina foram analisados no tecido vegetal de guandu cv. mandarim, e, em seguida, de mucuna-preta, crotalária-juncea e nabo-forrageiro. As menores concentrações desse composto foram obtidas em material vegetal de braquiária ruzizensis e depois das seguintes espécies vegetais: sorgo, milho, trigo, feijão-bravo-do-ceará e vegetação espontânea (Tabela 2). A concentração de lignina na parte aérea de guandu foi 71% superior à braquiária e 36% maior do que obtido para feijão-bravo-do-ceará. Em virtude dessa composição, os resíduos vegetais de guandu apresentam decomposição mais lenta, enquanto os de braquiária ruzizensis decomposição mais acelerada. Resultados obtidos em sistema plantio direto (CARVALHO et al., 2008; 2009) mostram que altos teores de lignina inibem a decomposição dos resíduos vegetais, favorecendo o estabelecimento de cobertura do solo, enquanto teores mais baixos desses compostos resultam em decomposição acelerada, conseqüentemente, em ciclagem mais rápida de nutrientes.

A recomendação de plantas de cobertura depende do sistema de cultivo que está sendo implementado e deve buscar a integração entre o acúmulo de palhada e a eficiência de ciclagem de nutrientes, que dependem da quantidade e qualidade da biomassa vegetal produzida. Plantas com elevada produção de biomassa e teores mais altos de lignina, conseqüentemente, decomposição mais lenta como o guandu, podem ser intercaladas com a cultura de soja, cujos resíduos vegetais possuem decomposição bastante acelerada. Braquiária ruzizensis ou feijão-bravo-do-ceará podem ser cultivados em sucessão ao milho, cultura que possui decomposição mais lenta de seus resíduos vegetais. Nesse caso, os baixos teores de lignina promovem decomposição acelerada dos resíduos vegetais e maior eficiência na ciclagem de

nutrientes. Efeitos benéficos de braquiárias sobre o rendimento de culturas, como milho e soja, já vêm sendo comprovados em sistemas integrados de lavoura-pecuária (MACHADO; ASSIS, 2010).

O ideal é que o sistema de cultivo, além de proteger o solo contra agentes erosivos, também proporcione melhorias na qualidade física, química e biológica do solo. Para isso, é necessário que o agroecossistema resulte em balanço positivo de carbono e nitrogênio no solo, conseqüentemente, na mitigação das emissões de CO₂ equivalente.

Conclusões

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que: (a) o sorgo e milheto apresentam os maiores rendimentos de matéria seca no corte efetuado na maturação, enquanto o trigo e a vegetação espontânea possuem as menores produções nas duas épocas de corte; (b) os teores de lignina são mais elevados em material vegetal de guandu cv. mandarim e menores em tecido vegetal de braquiária ruzizensis; (c) o guandu cv. mandarim é indicado para formação de palhada, enquanto braquiária ruzizensis contribui para uma ciclagem mais rápida de nutrientes em sistema plantio direto no Cerrado.

Referências

- ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA - CPAC; São Paulo, SP: NOBEL, 1987. p.33-98.
- CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. Plantas condicionadora de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 143 - 170.
- CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. C.; GERALDO JUNIOR, J. ; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, 2831-2838, 2008.
- CARVALHO, A. M.de; BUSTAMANTE, M. M. C.; ALCÂNTARA, F. A de. ; RESCK, I. S. ; LEMOS, S. S. Characterization by solid-state CPMAS ¹³C NMR spectroscopy of decomposing plant residues in conventional and no-tillage systems in Central Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 101, p. 100-107, 2009.

DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. Cellulase activity of soils. *Soil Biology Biochemistry*, v. 26. p. 1347-1354, 1994.

LEITE, L.F. C. Plantio direto é o mais eficaz no sequestro de carbono. **Monsanto em campo: meio ambiente**, 2009 (On line). Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br>>

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1079-1087, 2007.

ROBERTSON, J. B.; VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to humans foods. In: JAMES, H. P. T.; THEANDER, O. (Ed.). **The analysis of dietary fiber in food**. New York, NY: Marcel Dekker, p.123-158, 1981.

SAS Institute. **SAS/STAT: user's guide**, version 8.1, Cary, 1999-2000. v.1. 943 p.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, DF: MEC/ABEAS/ESAL/FAEPE, 1988. 236 p.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P. dos; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research, Amsterdam**, v. 76, p. 39-58, 2004.

WAGNER, G. H.; WOLF, D. C. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M.; FUHRMANN, J. J.; HARTEL, P. G.; ZUBERER, D. A. **Principles and applications of soil microbiology**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. p. 218-256.

WUTKE, E. B. ; TRANI, P. E. ; AMBROSANO, E. J. ; DRUGOVICH, M. I. **Adução verde no estado de São Paulo**. 1. ed. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2009 89 p. v. 1.