

BIOMASSA, DECOMPOSIÇÃO E COBERTURA DO SOLO OCACIONADA POR RESÍDUOS CULTURAIS DE TRÊS ESPÉCIES VEGETAIS NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL⁽¹⁾

Carlo Adriano Boer⁽²⁾, Renato Lara de Assis⁽³⁾, Gilson Pereira Silva⁽³⁾, Antonio Joaquim Braga Pereira Braz⁽³⁾, Alberto Leão de Lemos Barroso⁽³⁾, Alberto Cargnelutti Filho⁽⁴⁾ & Fábio Ribeiro Pires⁽⁵⁾

RESUMO

Com a crescente adoção da semeadura direta na região Centro-Oeste do Brasil, faz-se necessário maior conhecimento sobre as plantas de cobertura para produção de palha. O presente estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa verde e seca, a percentagem de cobertura do solo, bem como a dinâmica da decomposição da palhada de três espécies de plantas de cobertura em safrinha: amaranto (*Amaranthus cruentus* L. BRS Alegria), milheto (*Pennisetum glaucum* L. var. ADR500) e capim-pé-de-galinha [*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.]. O trabalho foi conduzido em um Latossolo Vermelho distroférico textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocadas as espécies, subdivididas em nove épocas de avaliação (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias) após dessecação química das espécies em estudo. Amostras proporcionais da biomassa seca de cada espécie foram acondicionadas em bolsas de decomposição, que foram dispostas sobre o solo, sendo coletadas a cada 30 dias e pesadas até 240 dias após a instalação, para avaliar a dinâmica de decomposição, após o manejo das plantas de cobertura. O milheto ADR500 e o capim-pé-de-galinha

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado em Produção Vegetal do primeiro autor, apresentada à FESURV - Universidade de Rio Verde. Recebido para publicação em outubro de 2006 e aprovado em outubro de 2007.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Monsanto do Brasil, Departamento de Desenvolvimento Tecnológico. Av. Nações Unidas 12901, CEP 04578-910 São Paulo (SP). E-mail: carlo.a.boer@monsanto.com

⁽³⁾ Professor da Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde – FES/URV. Caixa Postal 104, CEP 75901-970 Rio Verde (GO). E-mail: assis@fesurv.br; gilson@fesurv.br; braga@fesurv.br; barroso@fesurv.br

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91509-900 Porto Alegre (RS). E-mail: cargnelutti@ufrgs.br

⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Ciências da Saúde, Biológicas e Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo – CEUNES/UFES. R. Humberto de Almeida Franklin 257, B. Universitário, CEP 29933-415 São Mateus (ES). E-mail: fabiopires@ceunes.ufes.br

proporcionaram maior produção de biomassa verde e seca, maior cobertura do solo e menores taxas de decomposição da palhada, não diferindo entre si. O milheto ADR500 apresentou maior relação C/N, seguido pelo capim-pé-de-galinha e amaranto. Ajustaram-se, para a percentagem de cobertura do solo e a decomposição de palhadas com o tempo, os modelos sigmoidal e exponencial decrescente, respectivamente. O milheto ADR500 e o capim-pé-de-galinha apresentaram comportamentos semelhantes, não diferindo na comparação dos modelos de cobertura do solo e decomposição de palhadas.

Temas de indexação: semeadura direta, bolsas de decomposição, modelagem, liberação de nutrientes, meia-vida.

SUMMARY: *BIOMASS, DECOMPOSITION AND SOIL COVER BY RESIDUES OF THREE PLANT SPECIES IN CENTRAL- WESTERN BRAZIL*

*With the prevalence of no-till systems in Central-Western Brazil, a more in-depth knowledge about cover crops for straw production is necessary. The objective of this study was to evaluate the green and dry biomass production, the percentage of soil cover, as well as the dynamics of residues decomposition of three cover crop species, in the second growing season of the cropping year: amaranth (*Amaranthus cruentus* L. BRS Alegria), pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. var. ADR500) and finger millet [*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.]. The experiment was conducted on a clay texture Dusky Red Latosol (Oxisol). The experimental design consisted of randomized blocks in a split-plot design, with four replications. The cover crop species were allocated in the main plots and the nine evaluation periods (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, and 240 days) were allocated to the split-plots. Proportional samples of dry matter of each cover crop species were packed in litter bags and distributed across the plot surfaces. Samples were collected every 30 days and weighed in order to evaluate the dynamics of decomposition after cover crop. Fresh and dry biomass yields, and soil surface cover were greater for pearl millet ADR500 and finger millet, whereas dry matter decomposition rates were lower, with no differences between the two species. The C/N ratio was higher in pearl millet ADR500, followed by finger millet and amaranth. The decreasing exponential and sigmoidal models were adjusted, respectively, for residue decomposition and soil surface cover along the time. The decomposition rate and soil surface cover for pearl millet ADR500 and finger millet were similar, and they did not differ based on values estimated through the adjusted models.*

Index terms: no-till, litter bag, modeling, nutrient release, half-life.

INTRODUÇÃO

A introdução de novas espécies de plantas de cobertura no sistema de produção do Cerrado pode contribuir para otimização da semeadura direta, por meio da manutenção da cobertura do solo com resíduos vegetais destas. Isso pode propiciar melhoria das características físicas e químicas do solo e manutenção e, ou, elevação do teor de matéria orgânica desses solos; diminuição da erosão hídrica e eólica, em decorrência da proteção proporcionada pela cobertura morta; manutenção da temperatura do solo; além de agir como uma barreira física contra a infestação de plantas invasoras, favorecendo a germinação e o desenvolvimento das culturas subsequentes.

A avaliação da dinâmica de decomposição do material de cobertura é importante para otimização da semeadura direta. Por se tratar de um processo

biológico, a dinâmica da decomposição de resíduos vegetais depende da natureza do material, do volume de produção de biomassa, do manejo da cultura de cobertura, da fertilidade e do pH do solo, da qualidade e quantidade dos nutrientes orgânicos disponíveis e de condições climáticas como a pluviosidade e temperatura (Linch, 1986; Alvarenga et al., 2001). Esses fatores, isolados ou em conjunto, podem influenciar a atividade biológica do solo.

A decomposição da palhada nos Cerrados é acelerada, e a taxa de decomposição pode ser até 10 vezes mais acelerada em regiões tropicais e subtropicais do que em regiões temperadas (Lal & Logan, 1995). A alternativa é a utilização de plantas de cobertura que alcancem elevada produção de resíduos e que estes apresentem maior meia-vida, resultando em menor velocidade de decomposição, mantendo os resíduos vegetais sobre o solo por maior

tempo (Ceretta et al., 2002), principalmente em regiões com elevadas temperaturas e elevado índice pluviométrico, como o Centro-Oeste.

Na região de Cerrados, mesmo tendo predominância da palhada constituída por gramíneas, a decomposição é rápida, em razão de altas temperaturas e elevado índice pluviométrico, de forma que a manutenção nesta região de uma elevada cobertura do solo por um longo tempo torna-se uma atividade bastante complexa, necessitando de conhecimento e experiência prática de quem adota a semeadura direta (Alvarenga et al., 2001).

Com a finalidade de avaliar a produção de biomassa, diversos autores têm trabalhado com espécies de plantas de cobertura. A cultura do milho em cultivos de verão no Estado de Minas Gerais produziu 28.580 e 9.650 kg ha⁻¹ (Moraes, 2001) e 45.760 e 14.180 kg ha⁻¹ (Oliveira et al., 2002) de biomassas verde e seca, respectivamente. Em condições de safrinha, a produção de biomassa seca variou de 3.600 kg ha⁻¹ (Torres et al., 2005) a 2.900 kg ha⁻¹ (Teixeira et al., 2005). Em São Paulo, a produção do milho foi de 6.780 kg ha⁻¹ de biomassa seca (Muraishi et al., 2005), enquanto em Goiás a produção desta variou de 9.830 kg ha⁻¹ (Assis et al., 2005) a 6.000 kg ha⁻¹ (Kliemann et al., 2006). No Distrito Federal, a produção de biomassa seca do milho variou de 8.770 kg ha⁻¹ (Uemura et al., 1997) a 5.000 kg ha⁻¹ (Corrêa & Sharma, 2004). Silva et al. (2003), em estudo realizado em Tocantins com o milho CMS-2, obtiveram a produção de biomassa seca de 5.379 kg ha⁻¹.

A cultura do amaranto foi utilizada para produção de biomassa na semeadura direta no Estado de Goiás, produzindo 2.570 kg ha⁻¹ de biomassa seca (Assis et al., 2005). No Piauí, esta cultura produziu 1.820 kg ha⁻¹ (Azevedo & Nascimento, 2002) e, em Tocantins, 2.720 kg ha⁻¹ (Erasmo et al., 2004).

A produção de biomassa seca do capim-pé-de-galinha atingiu 5.210 kg ha⁻¹ de biomassa seca, em plantio de verão no Estado de São Paulo (Muraishi et al., 2005), enquanto Francisco et al. (2007), em Piracicaba (SP), semeando em setembro e manejando no pleno florescimento com a adubação antecipada, obtiveram a produção de 6.375 kg ha⁻¹ de biomassa seca. Em condições de safrinha, no sudoeste de Goiás, o rendimento desta cultura foi de 9.480 kg ha⁻¹ (Assis et al., 2005) e no Piauí foi de 2.890 kg ha⁻¹ de biomassa seca (Azevedo & Nascimento, 2002). As variações de produção de biomassa seca do capim-pé-de-galinha nas diferentes regiões se deve ao material genético utilizado, à época de plantio e às condições climáticas de cada região.

Avaliando o efeito da manutenção da palhada sobre o solo, Amado et al. (1989) observaram que uma cobertura de 20 % do solo com resíduos vegetais reduz a sua perda em aproximadamente 50 %, em relação ao solo descoberto para resíduos uniformemente distribuídos. A percentagem de cobertura do solo

produzida por capim-pé-de-galinha, milho ADR500 e amaranto BRS Alegria, em safrinha, no sudoeste de Goiás foi de 95, 84 e 23 % de cobertura do solo, respectivamente, no momento em que foram submetidas à dessecação com herbicida, ao atingirem 50 % de florescimento. Duzentos e quarenta dias depois, essas espécies apresentaram 30, 41 e 6 % de cobertura do solo, respectivamente (Pires et al., 2005).

Quanto à decomposição dos resíduos de plantas de cobertura mantidas sobre o solo, alguns estudos têm mostrado que essa relação pode ser ajustada a modelos linear (Crusciol et al., 2005), quadrático (Pal & Broadbent, 1974) ou exponencial (Wieder & Lang, 1982). Contudo, o modelo mais frequentemente utilizado para descrever a decomposição de biomassa é o exponencial simples, descrito por Wieder & Lang (1982) e utilizado por Moraes (2001), Torres et al. (2005) e Kliemann et al. (2006). A proposta deste modelo está no fato de uma simples constante caracterizar a perda de biomassa seca, facilitando, dessa forma, comparações com outros resultados.

Kliemann et al. (2006), em estudo na região dos Cerrados para avaliarem o comportamento das gramíneas sorgo, capim-mombaça, milho BN2, braquiária, do consórcio milho e braquiária, observaram respectivamente perdas de biomassa das palhadas aos 150 dias de 80, 64, 58, 56 e 56 %. Pelá et al. (1999), ao avaliarem a decomposição de 10 espécies de cobertura, observaram que o milho foi a espécie mais resistente à decomposição, apresentando percentual de perda de biomassa de 66 % em 73 dias, e o feijão-bravo do Ceará apresentou perda de 64,5 %. Torres et al. (2005), em experimento com milho, semeado em pré-safra em solo de Cerrado e manejado aos 110 dias do plantio, constataram meia-vida ($t_{1/2}$) para decomposição dos resíduos de 112 dias, demonstrando ser a palhada do milho mais persistente no solo do que a braquiária, que apresentou 77 dias. A persistência do milho é atribuída à composição do material, que possui maiores teores de lignina e de celulose, tornando-o mais resistente à decomposição.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a produção de biomassas verde e seca, a percentagem de cobertura do solo e a dinâmica de decomposição do amaranto, milho e capim-pé-de-galinha como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, em solo de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental do Campus I da FESURV - Universidade de Rio Verde, no município de Rio Verde, GO (17 ° 47 ' 30 " S, 50 ° 57 ' 44 " W e altitude de 770 m). Os valores de precipitação média mensal e a temperatura média mensal ocorridas no período de abril de 2004 a março de 2005 (Quadro 1) foram coletados na Estação Meteorológica da FESURV - Universidade de Rio Verde, situada próxima à área experimental.

Este experimento foi instalado em 17 de abril de 2004, ocasião em que foi realizada semeadura de amaranto (*Amaranthus cruentus* cv. BRS Alegria), milheto (*Pennisetum glaucum* L. var. ADR500) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine coracana*), utilizando-se 5 kg ha⁻¹, 10 kg ha⁻¹ e 12 kg ha⁻¹ de tais sementes, respectivamente. Estas espécies foram cultivadas em Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 1999) textura argilosa, cuja caracterização química e textural encontra-se no quadro 2. Foi realizada ainda adubação de plantio, utilizando-se de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 8-16-16. Os tratamentos foram distribuídos em esquema de parcelas subdivididas, com as três espécies de plantas de cobertura na parcela principal e nove parcelas subdivididas no tempo, formadas pelas épocas de avaliação, sendo dispostas em blocos casualizados com quatro repetições. As épocas de avaliação foram aos 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após a dessecação das espécies com herbicida. A área de cada parcela foi composta de quatro linhas com 4 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m de largura. Para dessecação das espécies, utilizou-se herbicida glyphosate na dose de 1.458 g ha⁻¹ de i.a., que foi aplicada aos 59, 51 e 66 dias após o plantio do amaranto, milheto e capim-pé-de-galinha, respectivamente, ocasião que estas apresentaram 50 % de florescimento. A quantificação das biomassas verde e seca foi realizada dois dias após a dessecação, mostrando-se três locais de 25 x 25 cm, ao acaso em cada parcela.

Para avaliar a taxa de decomposição da palhada, foi empregado o método das bolsas de decomposição (Thomas & Asakawa, 1993), as quais foram confeccionadas com náilon com malha de 2 mm de abertura e dimensões de 15 x 20 cm. Oito bolsas contendo resíduos das culturas em quantidade

proporcional à da biomassa seca produzida por hectare foram dispostas na superfície do solo, de cada parcela 20 dias após a dessecação das plantas de cobertura. A taxa de decomposição da palhada foi determinada aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 dias após instalação das bolsas, sendo também quantificada a biomassa seca remanescente. No florescimento, amostras secas desses materiais foram trituradas para determinação do teor de N (Malavolta et al., 1997) e determinado o teor de C por ignição em mufla a 550 °C (Embrapa, 1997).

A cobertura vegetal foi estimada conforme Pires et al. (2005), utilizando-se um quadrado de ferro de 0,5 m de lado, tendo uma linha de náilon disposta em diagonal, com 13 pontos espaçados de 5 cm, cujas medições consistiam da contagem das intercepções da palha nos referidos pontos, calculando-se assim o percentual de cobertura vegetal pela média de quatro repetições. Estas medições foram realizadas a cada 30 dias a partir da instalação das bolsas de náilon sobre o solo, até 240 dias depois.

Os resultados de produção de biomassa verde, biomassa seca, cobertura do solo e decomposição de palhadas das espécies de plantas de cobertura foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F. Para os efeitos significativos, compararam-se as médias entre as espécies pelo teste de Tukey a 5 %.

Para descrever a decomposição dos resíduos vegetais (1), os dados foram ajustados a um modelo matemático exponencial, descrito por Wieder & Lang (1982) e utilizado por Thomas & Asakawa (1993) e Torres et al. (2005):

$$P = P_0 \exp(-kt) \quad (1)$$

Quadro 1. Precipitação pluvial mensal e temperatura média mensal durante o período de condução do experimento

Dados climáticos	2004									2005		
	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.
Precipitação, mm	269,8	26,2	6,7	9,2	0,0	0,0	162,5	199,8	220,6	215,4	36,4	201,6
Temperatura, °C	23,1	20,4	19,9	20,2	22,4	26,0	24,2	24,3	23,7	23,7	24,7	24,1

Quadro 2. Resultados das análises química e granulométrica do solo, anterior à instalação do experimento

	pH	MOS	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC _{pH 7}	SB	V	Areia	Silte	Argila
cm		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³					%	g kg ⁻¹			
0-20	4,7	21,8	1,24	0,68	3,02	1,22	4,9	9,79	4,92	50	270	150	580
20-40	4,7	14,5	0,14	0,32	1,82	1,02	4,2	7,36	3,15	43	270	150	580

em que P é a quantidade de biomassa seca existente no tempo t , em dias; P_0 é a fração da biomassa seca potencialmente decomponível; e k é a constante de decomposição da biomassa seca.

Para calcular a meia-vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50 % da biomassa remanescente seja decomposta, utilizou-se a equação (2), de acordo com Paul & Clark (1989):

$$t_{1/2} = 0,693/k \quad (2)$$

em que $t_{1/2}$ é a meia-vida de biomassa seca; e k é a constante de decomposição da biomassa seca.

Para descrever a cobertura do solo (3), ajustou-se modelo matemático sigmoidal:

$$C = C_0 / (1 + \exp - (t - t_0/k)) \quad (3)$$

em que C é a cobertura do solo no tempo t , em dias; C_0 é a fração do potencial de cobertura do solo; e k e t_0 são constantes de cobertura do solo.

As análises de regressão relativas à decomposição da biomassa seca foram realizadas com o uso do aplicativo Sigma Plot, versão 7.0, da Jandel Scientific, e para as comparações das equações de regressão, após linearização, foi utilizado o procedimento descrito em Snedecor & Cochran (1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de biomassa verde do amaranto e capim-pé-de-galinha foi inferior à do milho em 68,6 e 28,6 %, respectivamente (Quadro 3).

A produtividade de biomassa verde do milho foi superior aos resultados obtidos por Oliveira et al. (2002) e Moraes (2001), que obtiveram 45.760 e 28.580 kg ha⁻¹, respectivamente. Essa diferença pode estar relacionada,

Quadro 3. Biomassa verde, biomassa seca e relação C/N do amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG) por ocasião da aplicação de herbicida

Planta de cobertura	Biomassa verde	Biomassa seca	Relação C/N
	————— kg ha ⁻¹ —————		
AM	19.942 c ⁽¹⁾	2.891 b ⁽¹⁾	21
MI	63.523 a	10.801 a	34
CPG	45.366 b	8.753 a	29
CV (%)	16,8	17,1	

⁽¹⁾ Médias não seguidas de mesma letra, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo teste de Tukey.

em parte, ao fato de esses autores terem utilizado o milho comum. Neste trabalho, utilizou-se a variedade ADR 500, que possui maior potencial de produção de biomassa, resultado de seu melhoramento genético.

A produtividade de biomassa seca do amaranto apresentou-se no mesmo patamar dos resultados encontrados por Assis et al. (2005) e Erasmo et al. (2004), que obtiveram 2.565 e 2.720 kg ha⁻¹, respectivamente, medidas por ocasião do florescimento.

Estudando o rendimento de biomassa seca do milho, Oliveira et al. (2002) e Farinelli et al. (2004) obtiveram resultados superiores aos deste estudo, com 14.180 e 13.664 kg ha⁻¹, que podem ser atribuídos, provavelmente, à maior pluviosidade durante o desenvolvimento da cultura nos dois trabalhos. Por outro lado, Torres et al. (2005), durante dois anos consecutivos, obtiveram produtividades de 7.100 e 3.800 kg ha⁻¹, com o milho pérola no primeiro e segundo ano, respectivamente, e Moraes (2001) e Kliemann et al. (2006), avaliando o milho comum e a variedade BN-2, obtiveram 9.640 e 5.990 kg ha⁻¹, respectivamente, sendo estes resultados inferiores aos obtidos neste estudo.

A produtividade de biomassa seca do capim-pé-de-galinha foi inferior ao resultado obtido por Assis et al. (2005), de 9.481 kg ha⁻¹, em Rio Verde (GO); porém foi superior aos resultados de Muraishi et al. (2005) e Azevedo & Nascimento (2002), que obtiveram, respectivamente, 5.211 kg ha⁻¹ em Ilha Solteira (SP) e 2.890 kg ha⁻¹ em Teresina (PI).

O milho e o capim-pé-de-galinha foram as espécies que propiciaram as maiores produções de biomassa seca (Quadro 3), estando próximas à quantidade requerida para que se obtenha uma eficiente proteção do solo, estimada em 11.000 a 12.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa seca de resíduos (Bayer, 1996), devido à alta taxa de decomposição que ocorre em regiões tropicais, demonstrando que essas espécies apresentam potencial para serem utilizadas como cultura de cobertura.

Quanto à relação C/N das plantas de cobertura (Quadro 3), observaram-se variações entre as espécies, sendo verificados maiores valores nas gramíneas. Essa mesma tendência foi observada também por Torres et al. (2005), na comparação de milho, sorgo, aveia, crotalária e guandu, para os quais os valores encontrados foram de 23,5; 29,4; 29,4; 14,8; e 13,9, respectivamente. A taxa de decomposição está diretamente relacionada à relação C/N dos resíduos culturais sobre o solo (Palm & Sanchez, 1991). Nesse particular, verificou-se que o milho e o capim-pé-de-galinha foram as espécies que apresentaram maior relação C/N. Isso denota o potencial destas plantas de cobertura para manutenção da cobertura do solo, devido à maior permanência dos seus resíduos no solo.

O milho e o capim-pé-de-galinha foram as espécies que propiciaram maior cobertura do solo, desde a

primeira avaliação, com 94,7 e 96,6 %, respectivamente, no florescimento de cada cultura e 17,3 e 12,5 % aos 240 dias após o manejo (Quadro 4). Dentro de cada avaliação, a cobertura proporcionada pelas duas espécies foi muito semelhante, não diferindo estatisticamente. Resultados semelhantes de cobertura do solo no florescimento foram obtidos por Pires et al. (2005), no sudoeste goiano, com 84 e 95 % para o milho ADR500 e capim-pé-de-galinha, respectivamente. Deve-se ressaltar que a cobertura do solo promovida pelo amaranto mostrou-se insuficiente para proteção do solo.

No quadro 5 estão apresentados os valores dos coeficientes C_0 , k e t_0 da equação de regressão $C = C_0 / (1 + \exp(-t - t_0/k))$ e os coeficientes de determinação (R^2), para cobertura do solo, até 240 dias após a aplicação do herbicida. Os coeficientes de determinação dos sistemas de manejo foram significativos a 1 % e variaram de 0,98 a 0,99.

Analisando as equações de regressão de cobertura do solo após linearização, obtidas para as diferentes coberturas do solo até 240 dias (Quadro 6), observou-se que as plantas de cobertura diferiram estatisticamente, com exceção do milho vs capim-pé-de-galinha, podendo-se inferir que a cobertura do solo, até 240 dias após o manejo com herbicida, apresenta o mesmo comportamento para ambas as culturas. Por essa razão, obteve-se uma nova equação, que foi ajustada para o milho + capim-pé-de-galinha: $C = 96,841 / (1 + \exp(t - 181,164 / -32,805))$ com $R^2 = 0,99^{**}$ (Figura 1). A cobertura do solo promovida pelo milho e capim-pé-de-galinha apresenta os mesmos valores pelo fato de ambas serem gramíneas, com relações C/N próximas e maiores quantidades de biomassa seca comparativamente ao amaranto (Quadro 3), resultando numa decomposição mais lenta da palhada e, conseqüentemente, na manutenção da cobertura por um período maior.

Quadro 5. Coeficientes da equação de regressão, $C = C_0 / (1 + \exp(-t - t_0/k))$, para cobertura do solo por amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG), ao longo do tempo, após aplicação de herbicida

Planta de cobertura	Coeficiente da equação de regressão			
	C_0	k	t_0	R^2
AM	24,329	-43,517	127,061	0,98**
MI	96,990	-36,642	179,671	0,99**
CPG	96,827	-29,188	182,554	0,99**

** : significativo a 1 %.

Observou-se que houve menor percentagem de cobertura do solo quando se utilizou o amaranto (Figura 1) desde a primeira avaliação (florescimento), quando apresentava cobertura do solo de 23,3 %, até a última aos 240 dias, com 1,4 % (Quadro 4), resultando em menor proteção entre as espécies estudadas, concordando com os resultados obtidos por Pires et al. (2005).

O modelo de cobertura do solo do amaranto diferiu daquele do milho + capim-pé-de-galinha. Esse fato se deve à menor produção de biomassa seca e à baixa relação C/N (Quadro 3), o que favoreceu a decomposição mais rápida dos resíduos dessa espécie.

O modelo de cobertura ajustado para milho + capim-pé-de-galinha mostra que estas exibiram maior proteção, principalmente até 150 dias, com percentual acima de 60 % (Quadro 4 e Figura 1), por apresentarem decomposição mais lenta, resultando em maior

Quadro 4. Percentagem de cobertura do solo e biomassa seca remanescente de amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG), ao longo do tempo, após aplicação de herbicida

Planta de cobertura	Dias após o manejo								
	0	30	60	90	120	150	180	210	240
	Cobertura do solo (%)								
AM	23,3 b ⁽¹⁾	20,9 b	18,7 b	16,3 b	15,3 b	8,1 b	4,8 b	3,8 b	1,4 b
MI	94,7 a	93,7 a	92,7 a	91,8 a	87,0 a	62,5 a	45,6 a	31,7 a	17,3 a
CPG	96,6 a	95,1 a	94,7 a	93,2 a	90,8 a	68,7 a	52,4 a	26,4 a	12,5 ab
	Biomassa seca remanescente (kg ha ⁻¹)								
AM	2.891 c ⁽¹⁾	1.917 c	1.525 b	1.250 b	617 c	542 b	458 b	342 b	200 b
MI	10.801 a	8.625 a	7.533 a	7.433 a	7.033 a	3.158 a	2.617 a	1.375 a	1.300 a
CPG	8.753 b	7.833 b	7.183 a	6.967 a	5.092 b	2.933 a	2.017 a	1.508 a	1.008 a

⁽¹⁾ Médias não seguidas pela mesma letra, na coluna, diferem entre si a 5 % pelo teste de Tukey.

Quadro 6. Comparação das equações de regressão, após linearização, para cobertura do solo e decomposição da biomassa de amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG), ao longo do tempo, após aplicação de herbicida

Planta de cobertura	F	
	Cobertura do solo	Decomposição da biomassa
AM vs MI	**	**
AM vs CPG	**	**
MI vs CPG	ns	ns
Recalculando o F para os modelos que não diferiram estatisticamente		
[MI + CPG] vs AM	**	**

** : significativo a 1 % e ns: não-significativo.

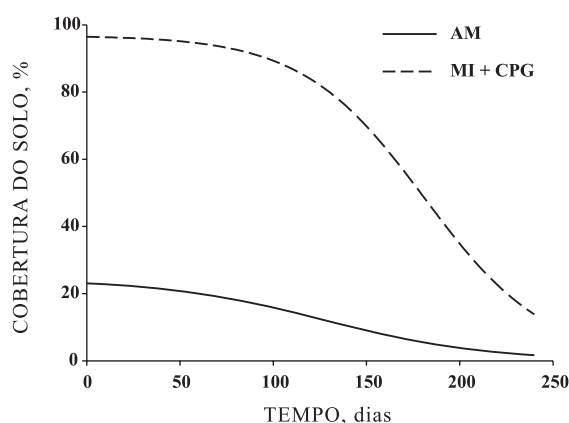


Figura 1. Cobertura do solo promovida pela palhada remanescente dos resíduos culturais de amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG), ao longo do tempo, após aplicação de herbicida.

cobertura e contribuindo para manter em níveis mais altos a umidade do solo e reduzir as perdas por erosão, reforçando a indicação dessas espécies para uso como plantas de cobertura, para plantio em safrinha, no Cerrado.

O resíduo cultural de amaranto, milho e capim-pé-de-galinha apresentou decomposição de 93, 88 e 88 %, respectivamente, 240 dias após a aplicação do herbicida (Quadro 4). Essa decomposição foi superior à obtida por Assis et al. (2005), que, avaliando a dinâmica da redução de biomassa seca destas mesmas espécies até os 240 dias, no sudoeste goiano, observaram redução de 85 % para o amaranto, 64 % para o milho e 70 % para o capim-pé-de-galinha. Na microrregião de Chapadinha (MA), Azevedo & Spehar (2002), avaliando a decomposição dessas culturas, no período de safrinha, aos 180 dias após o manejo com herbicida obtiveram redução de 49, 25 e 31 % para amaranto, milho e capim-pé-de-galinha, respectivamente. A maior decomposição das palhadas

neste estudo pode ser atribuída à maior pluviosidade ocorrida na região e ao maior tempo de avaliação (240 dias).

No período entre 90 e 150 dias, observou-se maior decomposição das plantas de cobertura, com perdas de 57, 57 e 58 % da biomassa seca remanescente de amaranto, milho e capim-pé-de-galinha, respectivamente (Quadro 4). Esse fato pode ser explicado pelo início do período chuvoso (outubro), associado à elevação das temperaturas no período (Quadro 1), influenciando o aumento da atividade microbiana e a decomposição de componentes solúveis de simples degradação, como açúcares, amidos e proteínas, que são rapidamente utilizados por organismos decompositores (Wieder & Lang, 1982). A decomposição mais rápida do amaranto, provavelmente, se deve à menor relação C/N, além da menor produção de biomassa (Quadro 3).

No quadro 7 estão apresentados os valores dos coeficientes p_0 e k da equação de regressão $P = p_0 \exp(-k t)$, os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e a meia-vida ($t_{1/2}$) da biomassa seca remanescente até 240 dias após o manejo com herbicida, para as plantas de cobertura amaranto, milho e capim-pé-de-galinha. A $t_{1/2}$ do amaranto se deve à baixa relação C/N deste material (Quadro 3), ao contrário do milho, que apresentou $t_{1/2}$ de 105 dias, o que pode ser explicado pela sua maior relação C/N. Torres et al. (2005), em experimento com milho, semeado em pré-safra em solo de Cerrado e manejado aos 110 dias do plantio, constataram $t_{1/2}$ para decomposição dos resíduos de 131 dias. Essa diferença pode estar relacionada à variedade utilizada, às condições climáticas do período de avaliação e ao tempo de manejo da cultura do milho, que, neste trabalho, ocorreu no pleno florescimento, aos 51 dias após o plantio.

As equações de regressão para decomposição da biomassa seca remanescente (Quadro 6), assim como ocorreu para a cobertura do solo, foram semelhantes apenas entre o milho e o capim-pé-de-galinha,

podendo-se inferir que há um mesmo comportamento de decomposição de palhada para as duas espécies. Comprovada a não-significância entre as equações, reuniram-se então os valores dos dias de avaliação após o manejo e a biomassa seca remanescente, e uma nova equação foi ajustada para o milho + capim-pé-de-galinha $p = 10.197,26 \exp(-0,0067 t)$ com $R^2 = 0,87^{**}$ (Figura 2). A biomassa seca remanescente do milho + capim-pé-de-galinha apresentou queda exponencial com o tempo após o manejo com herbicida, em razão de apresentarem relação C/N próxima (gramíneas), enquanto o amaranto apresentou modelo diferenciado.

Na região do Cerrado, a cobertura eficiente do solo com palhada é um dos fatores que mais limitam a sustentabilidade da semeadura direta, principalmente pela decomposição acelerada dos resíduos. Nessas condições, o uso do milho ou do capim-pé-de-galinha, que apresentaram decomposição mais lenta, representa uma estratégia para aumentar a eficiência da cobertura do solo, principalmente no período que antecede o plantio de verão.

Quadro 7. Coeficientes da equação de regressão, $P = p_0 \exp(-k t)$, e meia-vida ($t_{1/2}$) para decomposição da biomassa seca de amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG), ao longo do tempo, após aplicação de herbicida

Planta de cobertura	p_0	k	R^2	$t_{1/2}^{(1)}$
	kg ha ⁻¹	g g ⁻¹		dias
AM	3.048	0,0116	0,98**	60
MI	10.818	0,0066	0,87**	105
CPG	9.576	0,0067	0,89**	103

** : significativo a 1 %.

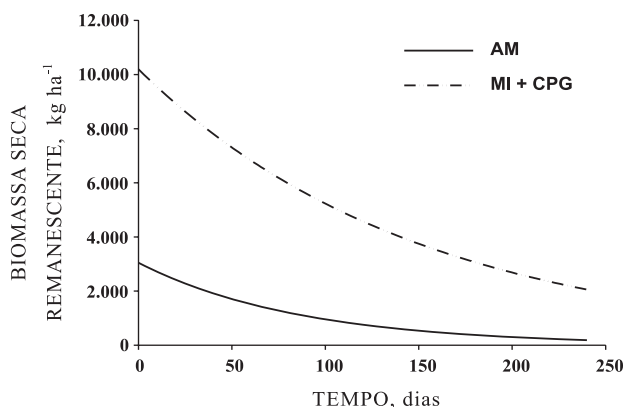


Figura 2. Biomassa seca remanescente dos resíduos culturais das plantas de amaranto (AM), milho (MI) e capim-pé-de-galinha (CPG), até 240 dias após o manejo com herbicida.

CONCLUSÕES

1. O milho ADR500 e o capim-pé-de-galinha proporcionaram maior produção de biomassa verde e seca, maior cobertura do solo e menores taxas de decomposição da biomassa em relação ao amaranto.
2. O milho ADR500 apresentou maior relação C/N, seguido pelo capim-pé-de-galinha e amaranto.
3. O milho ADR500 e o capim-pé-de-galinha apresentaram comportamento semelhante, não diferindo quanto à cobertura do solo e à decomposição das palhadas.
4. O milho ADR500 e o capim-pé-de-galinha são indicados como opções para plantio em safrinha, objetivando a formação de palha e cobertura do solo.

LITERATURA CITADA

- ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C. & SANTANA, D. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Inf. Agropec.*, 22:25-36, 2001.
- AMADO, T.J.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:251-257, 1989.
- ASSIS, R.L.; MACEDO, R.S.; PIRES, F.R.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PAIVA, F.C.; GOMES, G.V. & CARGNELUTTI FILHO, A. Dinâmica de decomposição de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.
- AZEVEDO, D.M.P. & NASCIMENTO, H.T.S. Potencial forrageiro de espécies para cultivo no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros. *Teresina, Embrapa*, 2002. 4p. (Comunicado Técnico, 148).
- AZEVEDO, D.M.P. & SPEHAR, C.R. Decomposição da palhada de culturas para plantio no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros. *Teresina, Embrapa*, 2002. 4p. (Comunicado Técnico, 147).
- BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado).
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N. & SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas inverniais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. *Ci. Rural*, 32:49-54, 2002.
- CORRÊA, J.C. & SHARMA, R.D. Produtividade do algodoeiro herbáceo em plantio direto no Cerrado com rotação de culturas. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39:41-46, 2004.

- CRUSCIOL, A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E. & MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:161-168, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- ERASMO, E.A.L.; DOMINGOS, V.D.; SARMENTO, R.A. & SPEHAR, C.R. Avaliação de espécies alternativas produtoras de grãos e matéria seca para uso no sistema plantio direto no sul do Tocantins. *Biosci J.*, 20:27-34, 2004.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; PENARIOL, F.G. & NASCIMENTO, E.S. Desempenho da cultura do milheto em função de épocas de semeadura e do manejo de corte da parte aérea. *R. Bras. Milho e Sorgo*, 3:391-401, 2004.
- FRANCISCO, E.A.B.; CÂMARA, G.M.S. & SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. *Bragantia*, 66:259-266, 2007.
- KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B. & SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. *Pesq. Agropec. Trop.*, 36:21-28, 2006.
- LAL, R. & LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E. & STEWART, B.A., eds. *Soil management greenhouse effect*. Boca Raton, CRC Press, 1995. p.293-307.
- LINCH, J.M. *Biologia do Solo*. São Paulo, Manole, 1986. 209p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p.
- MORAES, R.N.S. Decomposição das palhadas de sorgo e milheto, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 90p. (Tese de Mestrado)
- MURAISHI, C.T.; LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L.R. & GOMES JUNIOR, F.G.G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. *Acta Sci. Agron.*, 27:199-207, 2005.
- OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J. & MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:1079-1087, 2002.
- PAL, D. & BROADBENT, F.E. Kinetics of rice straw decomposition in soils. *J. Environ. Quality*, 4:256-260, 1974.
- PALM, C.A. & SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol Biochem.*, 21:83-88, 1991.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego, Academic Press, 1989. 275p.
- PELÁ, A.; SILVA, M.S.; COSTA, L.A.; SILVA, C.J.; ZUCARELI, C.; DECARLI, L.D. & MATTER, U.F. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. *R. Plantio Direto*, 10:26-33, 1999.
- PIRES, F.R.; ASSIS, R.L.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVA, G.P.; PAIVA, F.C.; MACEDO, R.S.; GOMES, G.V. & CARGNELUTTI FILHO, A. Cobertura do solo por resíduos de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.
- SILVA, G.F.; ERASMO, E.A.L.; SARMENTO, R.A.; SANTOS, A.R. & AGUIAR, R.W.S. Potencial de produção de biomassa e matéria seca de milheto (*Pennisetum americanum* Schum.), em diferentes épocas no sul do Tocantins. *Biosci. J.*, 19:31-34, 2003.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. 8.ed. Ames, Iowa State University Press, 1989. 503p.
- TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.C.; FURTINI NETO, A.E.; ANDRADE, M.J.B. & MARQUES, E.L.S. Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. *Ci. Agrotec.*, 29:93-99, 2005.
- THOMAS, R.J. & ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biol. Biochem.*, 23:1351-1361, 1993.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:609-618, 2005.
- UEMURA, Y.; URBEN FILHO, G. & NETTO, D.A.M. Pearl millet as a cover crop for no-till soybean production in Brazil. *Inter. Sorghum Millet Newsl.*, 487:141-143, 1997.
- WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, 63:1636-1642, 1982.