

Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto

Alexandre Cunha de Barcellos Ferreira⁽¹⁾, Fernando Mendes Lamas⁽²⁾, Maria da Conceição Santana Carvalho⁽³⁾,
Júlio César Salton⁽²⁾ e Nelson Dias Suassuna⁽¹⁾

⁽¹⁾Embrapa Algodão, Núcleo de Pesquisa do Cerrado, Caixa Postal 714, CEP 74001-970 Goiânia, GO. E-mail: acunha@cnpa.embrapa.br, suassuna@cnpa.embrapa.br ⁽²⁾Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados, MS. E-mail: lamas@cpao.embrapa.br, salton@cpao.embrapa.br ⁽³⁾Embrapa Arroz e Feijão, GO-462, Km 12, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: conceicao@cnpaf.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção, a persistência da matéria seca e a eficiência da dessecação em espécies vegetais utilizadas para cultivos de cobertura do solo, e quantificar seus efeitos sobre a produtividade do algodoeiro em plantio direto. O trabalho foi realizado em Santa Helena de Goiás, GO, com 16 tratamentos: *Panicum maximum*, cultivares Mombaça, Tanzânia e Massai; *Urochloa brizantha*, cultivares Piatã, Xaraés, Marandu e MG4; *U. decumbens*; *Paspalum atratum* cv. Pojuca; *Sorghum bicolor* cultivares Santa Eliza e BRS 700; *Pennisetum glaucum* cv. ADR 500; *Raphanus sativus*; *Eleusine coracana*, *Crotalaria spectabilis*, além da testemunha em pousio. As espécies foram semeadas no início de março (2007). As espécies com menores produtividades e persistência da matéria seca foram *C. spectabilis*, *E. coracana* e *R. sativus*. As produtividades de algodão em caroço e fibra foram maiores no cultivo sobre palhas residuais das cultivares Tanzânia e Mombaça de *P. maximum*, em comparação às observadas com uso de *P. atratum* cv. Pojuca, *R. sativus* e pousio. Em geral, *S. bicolor*, *P. glaucum* e as cultivares Tanzânia e Mombaça de *P. maximum*, e MG4, Piatã e Xaraés de *U. brizantha* apresentam produção e persistência da matéria seca adequadas para o cultivo do algodoeiro no sistema de plantio direto, no cerrado brasileiro.

Termos para indexação: *Brachiaria*, *Gossypium hirsutum*, *Panicum maximum*, *Urochloa*, culturas de cobertura, palha.

Cover crops biomass production and cotton yield in no-tillage system

Abstract – The objectives of this work were to evaluate biomass production and persistence and the desiccation efficiency in plant species used as cover crops, and to quantify its effects on cotton yield in a no-tillage system. The study was carried out in Santa Helena de Goiás, GO, Brazil, using 16 plant species: *Panicum maximum*, cultivars Mombaça, Tanzânia and Massai; *Urochloa brizantha*, cultivars Piatã, Xaraés, Marandu and MG4; *U. decumbens*; *Paspalum atratum* cv. Pojuca; *Sorghum bicolor* cultivars Santa Eliza and BRS 700; *Pennisetum glaucum* cv. ADR 500; *Raphanus sativus*; *Eleusine coracana*, *Crotalaria spectabilis*, and fallow plants as control. The species were sown early in March-2007. The lower dry biomass productivity and persistence were obtained with *C. spectabilis*, *E. coracana*, and *R. sativus*. Cotton seed and lint yield were higher when it was cultivated after the cultivars Tanzânia and Mombaça of *P. maximum*, in comparison to the ones observed using *P. atratum* cv. Pojuca, *R. sativus*, and fallow plants. Generally, *S. bicolor*, *P. glaucum* and the cultivars Tanzânia and Mombaça of *P. maximum*, and MG4, Piatã and Xaraés of *U. brizantha* have biomass persistence and productivity suitable for cotton cultivation in no-tillage systems in the Brazilian savannah.

Index terms: *Brachiaria*, *Gossypium hirsutum*, *Panicum maximum*, *Urochloa*, cover crops, straw.

Introdução

Mais de 90% da área e da produção nacional de algodão estão situadas em áreas de cerrado (Companhia Nacional de Abastecimento, 2009). Em regiões de clima tropical, o sistema de plantio direto é importante para a conservação e manutenção da capacidade produtiva

dos solos (Fageria & Stone, 2004; Torres et al., 2005; Marchão et al., 2007). Um dos requisitos para garantir a eficiência desse sistema é a adequada cobertura do solo por espécies formadoras de palha (Hernani & Salton, 2001; Andreotti et al., 2008), as quais devem ter elevada produção de biomassa e grande persistência sobre o solo (Kliemann et al., 2006), para que possam

atuar efetivamente na proteção contra processos erosivos do solo, durante os períodos de excesso de água. Além disso, essas espécies devem favorecer maior retenção de umidade, em condições de déficit hídrico, e disponibilizar nutrientes às culturas por meio da ciclagem de nutrientes (Nunes et al., 2006). A camada de palha sobre a superfície do solo funciona como atenuadora ou dissipadora de energia, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, atua como obstáculo ao movimento do excesso de água que não infiltra no solo e impede o transporte de partículas minerais e orgânicas pela enxurrada (Heckler et al., 1998).

A produção de matéria seca acima de 6.000 kg ha⁻¹ é recomendada para uma adequada cobertura do solo em sistemas de plantio direto (Alvarenga et al., 2001; Nunes et al., 2006). Entretanto, essas informações são geradas para culturas de ciclo vegetativo menor que a do algodoeiro, que pode permanecer no campo por períodos superiores a 200 dias. Neste caso, a persistência da palha na superfície do solo deve ser alta, de forma que os benefícios da cobertura do solo sejam auferidos. A dificuldade de produção e manutenção de cobertura vegetal em regiões mais quentes, em razão do acelerado processo de decomposição, é bem documentada (Carter, 2001; Andreotti et al., 2008; Torres et al., 2008).

Portanto, para que o algodoeiro seja cultivado no sistema de semeadura direta sobre adequada quantidade de matéria seca, no bioma Cerrado, as espécies utilizadas para produção de palha devem ser semeadas imediatamente após a colheita da soja, no máximo até o final da primeira quinzena de março (Lamas, 2007). Machado & Assis (2010) observaram que o uso de espécies perenes é importante para a obtenção de elevada produção de forragem, quando os cultivos de cobertura são plantados no final da época chuvosa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção, a persistência da biomassa seca e a eficiência da dessecação em espécies vegetais utilizadas para cultivos de cobertura do solo, e quantificar seus efeitos sobre a produtividade do algodoeiro em plantio direto, no Cerrado.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em Santa Helena de Goiás, GO (17°50'34" S; 50°35'58" W; altitude de 560 m) em

duas etapas: avaliação da produção e persistência da palha por espécies de cobertura do solo, e determinação da influência da biomassa de cobertura sobre a produtividade do algodoeiro, em sistema de semeadura direta. O solo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho, possuía a seguinte composição química antes da instalação do experimento: pH (CaCl₂), 5,9; Ca²⁺, 3,10 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺, 0,72 cmol_c dm⁻³; K, 71 mg dm⁻³; Al³⁺, 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al, 2,50 cmol_c dm⁻³; P (Mehlich1), 6 mg dm⁻³; S, 9 mg dm⁻³; MO, 28 g dm⁻³; CTC, 6,5 cmol_c dm⁻³, e V, 62%.

As precipitações e temperaturas máximas e mínimas, registradas na área experimental durante o período de condução dos trabalhos, são apresentadas na Figura 1.

O experimento consistiu de 16 tratamentos, de diferentes espécies, usadas para cobertura do solo: *Panicum maximum*, cultivares Mombaça, Tanzânia e Massai; *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*), cultivares Piatã, Xaraés, Marandu e MG4; *U. decumbens* (Syn. *B. decumbens*); *Paspalum atratum* cv. Pojuca; *Sorghum bicolor* cultivares Santa Eliza e BRS 700; *Pennisetum glaucum* cv. ADR 500; *Raphanus sativus*; *Eleusine coracana*, *Crotalaria spectabilis*, além da testemunha em pousio. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As dimensões das parcelas experimentais eram de 10x10 m.

As espécies foram semeadas manualmente em 6 de março de 2007, em sulcos estreitos abertos mecanicamente, após colheita de soja precoce 'BRS Caiapônia'. O espaçamento entre as linhas foi de

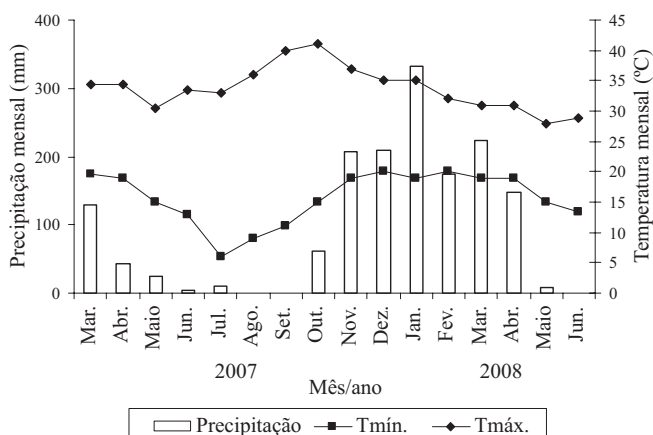


Figura 1. Precipitação mensal e médias mensais de temperaturas máximas e mínimas, ao longo do período de condução do experimento.

0,45 m. Nenhuma espécie recebeu qualquer tipo de adubação ou irrigação.

No dia 22/11/2007 foi realizada a dessecação das plantas de cobertura com o herbicida glifosato na dose de 1.440 g ha⁻¹ do ingrediente ativo. Treze dias após a aplicação do herbicida, foi determinada, por dois avaliadores independentes, a eficiência de dessecação, conforme metodologia proposta por European Weed Research Council (1964). A espécie nabo-forrageiro não foi incluída nesta avaliação, pois o ciclo de vida dessa espécie encerrou durante o período do outono/inverno, e as plantas já se encontravam mortas por ocasião da aplicação do herbicida. Um dia após a avaliação da eficiência da primeira dessecação, foi aplicado 1.680 g ha⁻¹ do i.a. glifosato e, em seguida, 60 g ha⁻¹ do i.a. flumioxazina, pois algumas espécies apresentam baixa facilidade de dessecação com apenas uma aplicação de glifosato.

As estimativas da produção e da persistência da biomassa seca pelas diferentes espécies vegetais foram realizadas por meio de amostragens em quatro épocas de avaliação: em 22/11/2007, imediatamente antes da primeira dessecação, e aos 70, 100 e 141 dias após essa data. Nas diferentes épocas, foram coletadas, ao acaso, três amostras da palha sobre a superfície do solo, em todas as parcelas experimentais, sendo cada amostra obtida de uma área de 0,25 m² (0,5x0,5 m). Os resíduos de cobertura foram lavados em água corrente sobre peneira com malha de 1,6 mm, de forma a retirar terra e impurezas. As amostras foram secas em estufa a 62°C, até que atingissem massa constante. Com base nos resultados de persistência, ao longo do tempo da biomassa seca das espécies, foi calculada a área abaixo da curva de decomposição da biomassa seca (AACDB); para isso foram integrados todos os pontos das diferentes épocas de amostragem (Shaner & Finney, 1977).

As taxas de decomposição da biomassa seca das espécies avaliadas foram estimadas por meio da função $y = y_0 e^{-kt}$, ajustada aos valores de massa de matéria seca da palha remanescente sobre o solo nas diferentes épocas de amostragem, em que y é a quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo t , em dias; y_0 , a quantidade inicial de matéria seca; e k a constante de decomposição do resíduo. Por meio do valor de k , foi calculado o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$), que expressa o período de tempo necessário para que

metade dos resíduos se decomponha (Espindola et al., 2006).

Sobre as parcelas do ensaio anterior, foi realizada a semeadura direta da cultivar de algodão BRS 269-Buriti, no dia 23/12/2007, com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e com nove plantas por metro. A adubação de semeadura foi feita com 400 kg ha⁻¹ da formulação N-P-K 5-25-15 + 0,5% de Zn e 0,2% de B. A primeira adubação em cobertura foi feita com 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio, na fase B1, em que se verificou a emissão do primeiro botão floral, e a segunda adubação foi feita no início do florescimento (F1-F2), com 200 kg ha⁻¹ da formulação 20-0-30 + 0,4% de boro.

Para se testar a influência das diferentes espécies formadoras de palha na nutrição do algodoeiro, coletaram-se amostras da quinta folha, com inserção na haste principal, a partir do ápice, aos 85 dias após a emergência. As folhas foram secas em estufa, à temperatura de 62°C, moídas e analisadas para determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), de acordo com Malavolta et al. (1997).

Na colheita do algodão, realizada em 3 de julho de 2008, foram tomadas cinco plantas ao acaso em três linhas centrais de cada parcela, para as determinações de altura média e número de capulhos por planta. Antes da colheita, foram retiradas amostras de 20 capulhos por parcela, da posição mediana de 20 plantas, para a determinação da massa média de um capulho e da percentagem de fibra. Para a avaliação da produtividade de algodão em caroço, foi realizada colheita em uma área de 27 m², e os dados de produção em gramas por parcela foram transformados em quilograma por hectare. Após a separação das sementes da fibra, foram calculadas a percentagem e a produtividade de fibra.

Todas as análises foram realizadas com o auxílio do SAS (SAS Institute, 2002). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Por não haver homogeneidade de variâncias, procedeu-se à análise não paramétrica, para a variável eficiência de dessecação, com o uso do procedimento FREQ (opção CMH2) para obter a estatística de Friedman. Apesar de o teste de Friedman calculado testar a hipótese de igualdade geral das médias, ele não fornece um mecanismo de comparação de médias subsequente a essa análise. Nesse caso, a comparação das médias foi realizada após o uso dos procedimentos RANK (rank transform) e GLM, conforme Ipe (1987).

Resultados e Discussão

As espécies vegetais para formação de palha apresentaram diferenças significativas em relação à eficiência de dessecação (Friedman $\chi^2=48,11$; $P=0,001$) (Tabela 1). Os tratamentos *P. glaucum* cv. ADR 500, *E. coracana* e *S. bicolor* cultivares BRS700 e Santa Eliza apresentaram, em ordem decrescente, as notas mais altas de eficiência de dessecação, e não diferiram significativamente entre si, mas sim em relação às espécies *P. maximum* cv. Tanzânia, *U. decumbens*, *U. brizantha* cv. Xaraés, *C. spectabilis*, *P. maximum* cv. Massai e *P. atratum* cv. Pojuca. Essas últimas quatro espécies apresentaram menor sensibilidade à dessecação e não diferiram significativamente entre si. *Crotalaria spectabilis*, *P. maximum* cv. Massai e *P. atratum* cv. Pojuca rebrotaram por ocasião do desenvolvimento do algodoeiro, mesmo com o manejo adicional com os herbicidas glifosato (1.680 g ha⁻¹) e flumioxazina (60 g ha⁻¹), aplicados 17 dias antes da semeadura do algodoeiro. Diante disso, essas espécies tornaram-se invasoras, e tiveram de ser controladas por meio de herbicidas pós-emergentes graminicidas e de ação total em jato dirigido.

Tabela 1. Eficiência de dessecação das espécies de cobertura do solo, avaliadas 13 dias após aplicação do herbicida glifosato na dose de 1.440 g ha⁻¹ do i.a..

Espécies	Eficiência de dessecação ⁽¹⁾	Valores transformados em ranques ⁽²⁾
<i>Pennisetum glaucum</i> cv. ADR 500	100	13,50a
<i>Eleusine coracana</i>	100	13,50a
<i>Sorgum bicolor</i> cv. BRS 700	91	11,86ab
<i>Sorgum bicolor</i> cv. Santa Eliza	83	10,25abc
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	81	10,00bc
<i>Urochloa brizantha</i> cv. MG4	74	8,75bc
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	73	7,75cd
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	72	7,75cd
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	60	5,38de
<i>Urochloa decumbens</i>	51	5,13de
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés	46	3,88ef
<i>Crotalaria spectabilis</i>	29	3,13ef
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	28	2,63ef
<i>Panicum atratum</i> cv. Pojuca	17	1,50f
Estatística de Friedman (χ^2)	-	48,11

⁽¹⁾Escala percentual de notas, na qual 0 corresponde à ausência de controle e 100 à dessecação total das plantas de cobertura.

⁽²⁾Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Friedman, a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre os tratamentos na primeira e quarta épocas de avaliação da matéria seca remanescente (Tabela 2). Na primeira época de avaliação, a maior produção de matéria seca foi a da espécie *P. maximum* cv. Tanzânia, que atingiu 16.647 kg ha⁻¹. Outras espécies, como *U. decumbens*, *S. bicolor* cv. BRS700, *U. brizantha* cultivares Marandu, MG4, Piatã, e Xaraés, *P. maximum* cv. Mombaça, *S. bicolor* cv. Santa Eliza, *P. atratum* cv. Pojuca e *P. maximum* cv. Massai produziram acima de 9.000 kg ha⁻¹ de matéria seca, e não diferiram significativamente de *P. maximum* cv. Tanzânia. Conforme preconizam Alvarenga et al. (2001) e Nunes et al. (2006), a produção acima de 6.000 kg ha⁻¹ de matéria seca é desejável para a semeadura direta e para a cobertura do solo. Portanto, as quantidades de matéria seca produzidas por essas espécies são suficientes para implementação de sistema de semeadura direta. A produção de matéria seca do milheto (*P. glaucum* cv. ADR 500), que correspondeu a 8.604 kg ha⁻¹, embora tenha sido significativamente inferior à obtida por *P. maximum* cv. Tanzânia, também é considerada suficiente para a semeadura direta. Essas produtividades foram muito superiores às obtidas por Machado & Assis (2010), que avaliaram a maioria das espécies utilizadas neste trabalho, no Mato Grosso do Sul, e não obtiveram produções de matéria seca maiores que 7.000 kg ha⁻¹. Essa discrepância entre os resultados possivelmente ocorreu em razão do plantio mais tardio e da menor fertilidade do solo no trabalho daqueles autores.

A espécie *C. spectabilis* produziu 5.840 kg ha⁻¹ de matéria seca, e não diferiu significativamente da espécie *E. coracana* e do pousio. Esses tratamentos produziram quantidades insuficientes de matéria seca para a semeadura direta do algodão.

Por ocasião da dessecação, o nabo-forrageiro (*R. sativus*) já havia encerrado o seu ciclo de vida, e os restos culturais estavam em estágio avançado de decomposição. Apesar da rápida liberação de nutrientes para a cultura subsequente, a acelerada degradação da biomassa seca do nabo-forrageiro é indesejável no que se refere à cobertura do solo (Crusciol et al., 2005).

Na quarta avaliação, aos 141 dias (Tabela 2), após a aplicação do herbicida dessecante, a matéria seca residual das espécies *U. decumbens*, *U. brizantha* cultivares Marandu, MG4, Piatã e Xaraés, *S. bicolor*

cultivares BRS 700 e Santa Eliza, *P. maximum* cultivares Tanzânia, Mombaça e Massai e *P. glaucum* não diferiram significativamente entre si, sendo que a máxima quantidade de palha persistente no solo foi observada em *U. decumbens* (2.958 kg ha⁻¹), que diferiu significativamente das obtidas pelas espécies *P. atratum* cv. Pojuca, *E. coracana*, *C. spectabilis*, além do pousio.

Em relação à *C. spectabilis*, a baixa quantidade de matéria seca residual dessa leguminosa aos 141 dias da dessecação pode ser atribuída à pouca quantidade inicial produzida, já que suas taxas de decomposição foram menores do que as de *U. decumbens* (Tabela 3). Por ocasião do início das chuvas em outubro e novembro de 2007, a *C. spectabilis* emitiu novas brotações e folhas, que foram rapidamente decompostas após a dessecação. Contudo, a haste principal, responsável por boa parte da matéria seca residual dessa espécie, apresentou tempo de meia-vida igual a 64 dias, ou seja, não foi tão rapidamente decomposta. De acordo com Kliemann et al. (2006), leguminosas como o estilósantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão) e o guandu-anão (*Cajanus cajan*) são facilmente decompostas. Pelá et al. (1999) avaliaram a resistência à decomposição de dez espécies de cobertura e observaram que o milho foi a

mais resistente, com 44,4 % de perda de matéria seca em 73 dias, enquanto o guandu-anão, a *C. spectabilis* e a mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) perderam 49,4, 60,21 e 57,42%, respectivamente. No entanto, Torres et al. (2008) observaram maior persistência da palha de leguminosas (*C. spectabilis* e *C. cajan*) em relação a gramíneas (*B. brizantha*, *S. bicolor* e *Avena sativa*).

Na comparação de todas as épocas de avaliação, observa-se que a maior área abaixo da curva de decomposição da matéria seca (AACDB) foi da espécie *P. maximum* cv. Tanzânia, seguida da *U. decumbens*, *S. bicolor* cv. BRS 700, *U. brizantha* cultivares Piatã, Marandu, MG4, e Xaraés, *P. maximum* cultivares Mombaça e Massai e *P. atratum* cv. Pojuca; contudo, sem diferenças estatisticamente significativas entre elas (Tabela 2). O valor adimensional da AACDB conjuga produção e persistência da palha sobre o solo, e permite uma avaliação mais acurada da capacidade da espécie em proporcionar uma cobertura persistente do solo. Assim, observa-se que a AACDB de *P. maximum* cv. Tanzânia foi significativamente superior às obtidas pelas espécies *S. bicolor* cv. Santa Eliza, *P. glaucum*, *C. spectabilis*, *E. coracana* e pelas plantas daninhas que se desenvolveram no pousio.

Tabela 2. Massa de matéria seca (kg ha⁻¹) das espécies utilizadas para cobertura do solo, nas diferentes épocas de avaliação⁽¹⁾.

Espécie	Dias após dessecação				AACDB ⁽²⁾
	0	70	100	141	
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	16.647a	3.884a	2.793a	1.792abcde	1.002.391a
<i>Urochloa decumbens</i>	14.777ab	4.752a	3.247a	2.958a	931.468ab
<i>Sorghum bicolor</i> cv. BRS 700	13.837ab	4.546a	2.896a	2.423abc	864.083ab
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	12.451abc	4.708a	3.070a	2.223abcd	825.733ab
<i>Urochloa brizantha</i> cv. MG4	12.228abc	4.031a	2.907a	2.707ab	788.222abc
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	10.671abcd	4.262a	3.158a	2.577ab	846.219ab
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés	10.465abcd	3.622a	3.184a	2.591ab	713.514abcd
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	10.361abcde	3.758a	1.944a	1.855abcde	657.557abcd
<i>Sorghum bicolor</i> cv. Santa Eliza	9.769abcde	2.901a	2.246a	2.027abcde	608.234bcde
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	9.356abcde	4.047a	2.092a	1.374bcde	632.252abcde
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	9.279abcde	3.349a	2.057a	1.939abcde	639.200abcde
<i>Pennisetum glaucum</i> cv. ADR 500	8.604bcde	3.001a	1.929a	1.599abcde	552.449bcde
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5.840cde	2.840a	2.419a	777e	423.815cde
<i>Eleusine coracana</i>	3.602de	3.065a	1.537a	1.075cde	355.921de
Pousio ⁽³⁾	2.648e	1.975a	903a	911de	249.979e
Média	10.036	3.674	2.445	1.933	671.685
Coefficiente de variação (%)	30,50	30,51	39,99	26,69	21,22

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Valor adimensional relativo à área abaixo da curva de decomposição da matéria seca. ⁽³⁾Massa de matéria seca das plantas infestantes.

Quanto mais altos forem os conteúdos de lignina e a relação C/N nos resíduos vegetais, mais lenta será a sua taxa de decomposição (Floss, 2000; Sainju et al., 2007), e maior será a proteção do solo. A maior persistência de matéria seca no solo é importante para a cultura do algodoeiro, que apresenta ciclo longo, proporciona pequena proteção do solo durante um período relativamente grande, e necessita de umidade no solo para formação das últimas maçãs, que geralmente perdura até seis meses após a semeadura.

Embora a espécie *E. coracana* tenha apresentado a menor taxa de decomposição e o maior tempo de meia-vida (Tabela 3), nas condições em que o trabalho foi conduzido, a produção de matéria seca dessa espécie foi significativamente menor que de várias outras espécies avaliadas. Entretanto, Boer et al. (2008) relataram produção de matéria seca por *E. coracana* de 8.753 kg ha⁻¹, possivelmente em razão do uso de fertilização química, que não foi utilizada neste trabalho.

Não houve diferença significativa para as variáveis: altura das plantas de algodoeiro, com média de 128 cm; número de capulhos por planta, média de 16,6; população, média de 70.528 plantas ha⁻¹; massa de um capulho, média de 6,5 g, e percentagem de fibra, média de 41,9 %. Lamas (2007) também não observou diferença significativa para altura de planta e percentagem de fibra de algodoeiros cultivados sobre palha de diferentes espécies vegetais.

As espécies avaliadas, no entanto, influenciaram significativamente as produtividades de algodão em caroço e de fibra (Tabela 4). Tal resultado pode ter sido decorrente da maior persistência da palha de algumas espécies no solo, que teriam proporcionado maior disponibilidade hídrica aos algodoeiros. A palha de cobertura atua como reguladora de temperatura e da água do solo, no enriquecimento de matéria orgânica e no favorecimento do desenvolvimento de raízes, além de atuar como barreira física a algumas plantas daninhas e na prevenção da erosão (Kluthcouski et al., 2003).

As maiores produtividades foram obtidas quando o algodoeiro foi cultivado sobre a espécie *P. maximum* cv. Tanzânia, seguido da espécie *P. maximum* cv. Mombaça, que não diferiram significativamente entre si (Tabela 4). As produtividades de fibra do algodoeiro cultivado sobre os restos vegetais de *P. maximum* cultivares Tanzânia e Mombaça diferiram significativamente em relação ao cultivo após o pousio, nabo-forrageiro e *P. atratum* cv. Pojuca.

As produtividades de algodão em caroço e de fibra obtidas quando o algodoeiro foi cultivado sobre os resíduos de *C. spectabilis* não diferiu das produtividades mais altas (Tabela 4). Essa espécie leguminosa, provavelmente em razão da fixação biológica de nitrogênio, possibilitou boa produtividade do algodoeiro, apesar de os seus benefícios na proteção do solo serem pouco relevantes, em virtude

Tabela 3. Taxa de decomposição (k) e meia-vida (t_{1/2}) da palha das espécies avaliadas para cobertura do solo, estimadas pela função $y = y_0 e^{-kt}$.

Espécies	Regressão para decomposição	R ²	Massa de matéria seca no tempo zero (kg ha ⁻¹)	k	t _{1/2} (dias)
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	$y = 16.584 e^{-0,0188t}$	0,99**	16.584	0,0188	37
<i>Urochloa decumbens</i>	$y = 14.659 e^{-0,0145t}$	0,99**	14.659	0,0145	48
<i>Sorghum bicolor</i> cv. BRS 700	$y = 13.767 e^{-0,0149t}$	0,99**	13.767	0,0149	47
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	$y = 12.414 e^{-0,0135t}$	0,97**	12.414	0,0135	51
<i>Urochloa brizantha</i> cv. MG4	$y = 12.103 e^{-0,0138t}$	0,99*	12.103	0,0138	50
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	$y = 10.577 e^{-0,0118t}$	0,99**	10.577	0,0118	59
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés	$y = 10.312 e^{-0,0122t}$	0,99**	10.312	0,0122	57
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	$y = 10.337 e^{-0,0146t}$	0,87*	10.337	0,0146	47
<i>Sorghum bicolor</i> cv. Santa Eliza	$y = 9.664 e^{-0,0146t}$	0,98*	9.664	0,0146	47
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	$y = 9.402 e^{-0,0134t}$	0,99**	9.402	0,0134	52
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	$y = 9.222 e^{-0,0137t}$	0,98**	9.222	0,0137	51
<i>Pennisetum glaucum</i> cv. ADR 500	$y = 8.560 e^{-0,0141t}$	0,98**	8.560	0,0141	49
<i>Crotalaria spectabilis</i>	$y = 5.895 e^{-0,0108t}$	0,97**	5.895	0,0108	64
<i>Eleusine coracana</i>	$y = 3.789 e^{-0,0071t}$	0,81*	3.789	0,0071	98

* e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4. Produtividade do algodoeiro, quando cultivado sobre o resíduo das diferentes espécies utilizadas para a cobertura do solo⁽¹⁾.

Espécies	Algodão em caroço (kg ha ⁻¹)	Algodão em fibra (kg ha ⁻¹)
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	5.840a	2.436a
<i>Urochloa decumbens</i>	5.143abcde	2.156abcd
<i>Sorghum bicolor</i> cv. BRS 700	5.112abcde	2.124abcd
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	5.028bcde	2.119abcd
<i>Urochloa brizantha</i> cv. MG4	5.493abcd	2.310ab
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Piatã	5.483abcd	2.298abc
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Xaraés	5.233abcde	2.211abcd
<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	5.775ab	2.417a
<i>Sorghum bicolor</i> cv. Santa Eliza	5.324abcde	2.236abcd
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	4.906cde	2.058bcd
<i>Panicum maximum</i> cv. Massai	4.997bcde	2.121abcd
<i>Pennisetum glaucum</i> cv. ADR 500	5.397abcde	2.256abcd
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5.534abc	2.290abc
<i>Eleusine coracana</i>	5.317abcde	2.225abcd
<i>Raphanus sativus</i>	4.701de	1.947d
Pousio	4.646e	1.969cd
Média	5.236	2.195
Coeficiente de variação (%)	5,92	5,94

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

da baixa produção de matéria seca. Na comparação das produtividades de algodão em caroço após *C. spectabilis*, nabo-forrageiro e pousio, houve diferença significativa entre esses tratamentos, com maior produtividade após *C. spectabilis*.

As diferentes espécies vegetais para formação de palha não influenciaram os teores foliares dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S no algodoeiro. Os teores de N (38,5 a 44,4 g kg⁻¹) e Ca (27,1 a 32,3 g kg⁻¹) foram semelhantes aos obtidos em lavouras de alta produtividade, no cerrado brasileiro (Yamada et al., 1999). Os teores de P (1,9 a 2,5 g kg⁻¹), K (12,4 a 16,1 g kg⁻¹), Mg (2,4 a 3 g kg⁻¹) e S (1,5 a 2 g kg⁻¹), no entanto, ficaram abaixo das concentrações consideradas adequadas para áreas de alta produtividade de algodão (Yamada et al., 1999).

Com base nos resultados das características de produção de matéria seca, facilidade de dessecação, persistência de palha e produtividade do algodoeiro, as espécies *P. maximum*, cultivares Tanzânia e Mombaça, *U. brizantha*, cultivares MG4, Piatã e Xaraés, *S. bicolor*, cv. Santa Eliza e *P. glaucum* podem ser consideradas as mais adequadas para o cultivo do algodoeiro no sistema de semeadura direta.

Conclusões

1. As espécies *P. maximum* (cv. Tanzânia, Mombaça e Massai), *U. decumbens*, *S. bicolor* (cv. BRS 700 e Santa Eliza), *U. brizantha* (cv. Marandu, MG4, Piatã, e Xaraés) e *P. atratum* (cv. Pojuca), produzem matéria seca em quantidade suficiente para que sejam aproveitadas no sistema de plantio direto do algodoeiro.

2. As espécies *C. spectabilis*, *P. maximum* (cv. Massai), *P. atratum* (cv. Pojuca) e *U. brizantha* (cv. Xaraés) apresentam menor sensibilidade ao herbicida dessecante glifosato.

3. As produtividades do algodoeiro cultivado sobre palhas das gramíneas *P. maximum* (cv. Tanzânia e Mombaça) são superiores às obtidas após o pousio, e sobre palha de *R. sativus* e *P. atratum* (cv. Pojuca).

Referências

- ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V.F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um Latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.109-115, 2008.

- BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Biomassa seca, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.843-851, 2008.
- CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A. **Sustainable management of soil organic matter**. Wallingford: CABI Publishing, 2001. p.9-22.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Central de informações agropecuárias. **Algodão Brasil**: série histórica de área plantada. 2009. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/AlgodaoSerieHist.xls>>. Acesso em: 20 jul. 2009.
- CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.161-168, 2005.
- ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.321-328, 2006.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Committee of methods in weed research. **Weed Research**, v.4, p.88, 1964.
- FAGERIA, N.K.; STONE, C.F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.73-78, 2004.
- FLOSS, E. Benefícios da biomassa seca de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista Plantio Direto**, v.57, p.25-29, 2000.
- HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p.37-49. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).
- HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Manejo e conservação do solo. In: **ALGODÃO: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.76-102.
- IPE, D. Performing the Friedman test and associated multiple comparison test using PROC GLM. **Proceedings of the Twelfth Annual SAS Users Group International Conference**, v.12, p.1146-1148, 1987.
- KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.21-28, 2006.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.
- LAMAS, F.M. Espécies para cobertura do solo e seus efeitos no algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.11, p.55-63, 2007.
- MACHADO, L.A.Z.; ASSIS, P.G.G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.415-422, 2010.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M. da; SANTOS JÚNIOR, J. de D.G. dos; SÁ, M.A.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.
- NUNES, U.R.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; SILVA, E. de B.; SANTOS, N.F.; COSTA, H.A.O.; FERREIRA, C.A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.943-978, 2006.
- PELÁ, A.; SILVA, M.S.; COSTA, L.A. da; SILVA, C.J. da; ZUCARELI, C.; DECARLI, L. D.; MATTER, U.F. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v.53, p.26-33, 1999.
- SAINJU, U.M.; SCHOMBERG, H.H.; SINGH, B.P.; WHITEHEAD, W.F.; TILLMAN, P.G.; LACHNICH-WEYERS, S.L. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. **Soil & Tillage Research**, v.96, p.205-218, 2007.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**. Version 9.1. Cary: SAS Institute, 2002.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051-1056, 1977.
- 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, p.609-618, 2005.
- 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, p.421-428, 2008.
- YAMADA, T.; MALAVOLTA, E.; MARTINS, O.C.; ZANCANARO, L.; CASALE, H.; BAPTISTA, I. **Teores foliares de nutrientes observados em áreas de alta produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1999.