

Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense¹

Decomposition and nutrients release from crop residues placed on a Yellow Latosol in the savanna of the Maranhão State

Luiz Fernando Carvalho Leite^{2*}, Rita de Cássia Alves de Freitas³, Edvaldo Sagrilo² e Sandra Regina da Silva Galvão²

Resumo - No sistema plantio direto, o uso de plantas de cobertura é uma alternativa amplamente utilizada para aumentar a sustentabilidade do sistema agrícola. O objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição e liberação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) totais por resíduos culturais, provenientes do pousio e de culturas de cobertura (milheto e braquiária) solteiras e consorciadas, em Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. O experimento foi conduzido em área sob plantio direto, após a colheita da cultura do milho, onde foram avaliadas a produção de fitomassa seca, decomposição dos resíduos em bolsas de polietileno (litterbags) e liberação de nutrientes (N, P e K), a cada 20 dias, até 100 dias após a dessecação. A braquiária e o milheto solteiros ou consorciados e a vegetação espontânea apresentaram decréscimos semelhantes na decomposição da matéria seca remanescente (MSR) nos primeiros 60 dias, com perdas de 10; 13; 16 e 12%, respectivamente. A maior e a menor taxa de liberação de N ocorreram no consórcio milheto + braquiária e no milheto, respectivamente. O K foi o nutriente liberado mais rapidamente do resíduo vegetal para o solo durante o processo de mineralização, em todos os tratamentos. A braquiária é a cobertura com maior resistência à decomposição, mantendo o resíduo sobre o solo por maior período de tempo em áreas do cerrado maranhense.

Palavras-chave - Resíduos vegetais. Plantio direto. Capim-braquiária. Milheto.

Abstract - In the no-tillage system the use of cover crops is a widely adopted alternative to increase the sustainability of the agricultural system. This study aimed to evaluate the decomposition rate and total nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) release from the biomass of natural bush fallow and cover crops (Brachiaria sp., millet and Brachiaria sp. + millet intercrop), cultivated on a Yellow Latosol in the savanna of the Maranhão State. The experiment was carried out under no-tillage system after maize harvesting. Dry matter production, decomposition rate and nutrient release (N, P and K) at twenty-day intervals, until one hundred days after biomass cutting were evaluated. Millet or Brachiaria sp. mono or intercropped and natural bush fallow showed similar decreases in their decomposition in the first sixty days, with losses of 10; 13; 16 e 12% respectively. The highest and lowest rate of N release was observed on millet and Brachiaria sp. + millet intercrop, respectively. Among the nutrients, K was the earliest released in all treatments. The Braquiaria sp. is the cover crop with greater resistance to decompose, keeping the residue on the soil for longer periods in the Cerrado of Maranhão State.

Key words - Crop residue. No-till. Braquiaria sp. Millet.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 06/04/2009; aprovado em 19/01/2010

Pesquisa financiada pelo CNPq

²Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, Teresina-PI, Brasil, 64006-220, luizf@cpamn.embrapa.br, sagrilo@cpamn.embrapa.br, reginassg@uol.com.br

³Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, CCA/UFV, Viçosa-MG, Brasil, 36570-000, ritaalvesdefreitas@yahoo.com.br

Introdução

A utilização e a ocupação agrícola do bioma Cerrado têm ocorrido com grande intensidade, por meio do desmatamento generalizado, do uso da mecanização intensiva e de grandes quantidades de insumos químicos (KLIN; MACHADO, 2005). Entretanto, a exploração inadequada do solo favorece a degradação, principalmente pela intensificação dos processos de erosão e compactação, modificando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (AGUIAR; MONTEIRO, 2005). Neste sentido, a adoção de novas tecnologias fundamentadas em bases conservacionistas, como o plantio direto, tem se tornado estratégia essencial para a recuperação e manutenção da qualidade dos solos dessa região (AZEVEDO et al., 2007; BAYER et al., 2001).

A permanência sobre a superfície do solo, de restos vegetais oriundos da cultura de cobertura utilizada em sistemas de plantio direto, é uma forma de melhoria e manutenção da qualidade do solo, pois o protege da radiação solar, diminui o impacto das gotas de chuva, mantém a umidade do solo e auxilia no controle de plantas daninhas. Além disso, a cultura de cobertura pode restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas sub-superficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pela decomposição dos seus resíduos (BOER et al., 2007; MENEZES; LEANDRO, 2004; ROSOLEM et al., 2003). Entretanto, a disponibilização desses nutrientes pode ser rápida e intensa ou lenta e gradual, conforme a interação entre os fatores climáticos e a quantidade e qualidade do resíduo vegetal (OLIVEIRA et al., 2002).

Materiais com menores taxas de decomposição, que correspondem a resíduos que apresentam razões C/N e C/P mais altas e elevados teores de lignina, celulose e polifenóis, apresentam capacidade mais elevada de permanência no solo e são ideais para uso como cobertura (WHITE et al., 2004; ZECH et al., 1997). Esses materiais atuam principalmente na manutenção do sistema de plantio direto, uma vez que a permanência da palha na superfície é fundamental para a proteção do solo. Isso reforça a preocupação de se produzir resíduos vegetais com decomposição mais lenta, de forma que se possa manter o resíduo sobre o solo por um período maior de tempo (CERETTA et al., 2002; METAY et al., 2007).

A velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cultura de cobertura morta na superfície do solo e a liberação dos nutrientes. Ao avaliar a velocidade de decomposição e liberação de nitrogênio (N), Torres et al. (2005) observaram que as leguminosas (crotalária e guandu) apresentaram maior velocidade de decomposição, quando comparadas às

gramíneas (milheto, braquiária e sorgo forrageiro). A maior taxa de liberação de N nesse estudo ocorreu 42 dias após a dessecação. A decomposição de resíduos das culturas é uma variável importante na ciclagem de nutrientes em plantio direto. O conhecimento da dinâmica de liberação de nutrientes da biomassa de espécies cultivadas que antecedem a cultura comercial é fundamental para que se possa compatibilizar esse aspecto com a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo (BOER et al., 2007; KLIEMANN et al., 2006).

Nos Cerrados do Maranhão não existem informações relativas ao estudo da dinâmica de decomposição e de liberação de nutrientes por resíduos culturais de plantas de cobertura de solo. Por isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a decomposição e a liberação de N, fósforo (P) e potássio (K) da fitomassa de vegetação espontânea e de braquiária e milheto, em cultivos solteiros e consorciados, em Latossolo Amarelo sob plantio direto.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido em área sob plantio direto após a colheita do milho, no município de Brejo-MA (03°53'26,6''S e 43°05'17,7''W, 119 m de altitude), nos Cerrados do nordeste maranhense. O clima é subúmido (C₂), segundo Thornthwaite, com temperatura média anual de 27 °C e precipitação média anual variando entre 1.600 e 2.000 mm, sendo os meses de fevereiro a abril os mais chuvosos e de julho a novembro os mais secos. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 1999) e apresentou os seguintes atributos químicos na camada de 0-20 cm: pH H₂O = 5,4; Ca⁺² = 1,53 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 0,57 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,05 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,16 cmol_c dm⁻³; P extraível = 33,0 mg dm⁻³ e C_{org} = 12,8 g kg⁻¹.

O experimento foi conduzido de julho de 2007 a janeiro de 2008, em área sob condições de sequeiro, cultivada anteriormente com milho. Utilizaram-se como culturas de cobertura, vegetação espontânea, braquiária (B) (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), milheto (M) (*Pennisetum glaucum* L. R. Br.) – cv. BN1-2 e o consórcio destas duas últimas gramíneas. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelas espécies de cobertura e, as subparcelas, por seis épocas de avaliação (0; 20; 40; 60; 80 e 100 dias após a dessecação das espécies).

As dimensões das parcelas foram de 4,0 x 8,0 m e os espaçamentos entre linhas foram de 0,40 m para a braquiária, milheto e o consórcio. Para avaliação da produção de fitomassa da vegetação espontânea e das espécies de

cobertura foi amostrada uma área de 1,0 m² em dois pontos ao acaso, em cada parcela. O material amostrado foi levado ao laboratório, colocado em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h, sendo posteriormente pesado e os resultados expressos em Mg ha⁻¹. Após essa amostragem, as coberturas foram dessecadas e deixadas sobre o solo. Para avaliação de decomposição e liberação de nutrientes (N, P e K) foram utilizadas bolsas de tela de polietileno (*litterbags*) (THOMAS; ASAKAWA, 1993) com dimensões de 0,2 x 0,2 m e malha de 0,5 mm, que foram preenchidas com resíduos culturais de cada um dos quatro tratamentos com quantidades proporcionais à massa seca produzida em 1,0 m² da área de amostragem. As amostragens das bolsas foram realizadas em intervalos regulares de 20 dias, durante 100 dias. Durante o período de coleta das bolsas, foram registrados dados de precipitação pluvial para subsidiar a interpretação dos resultados (Figura 1).

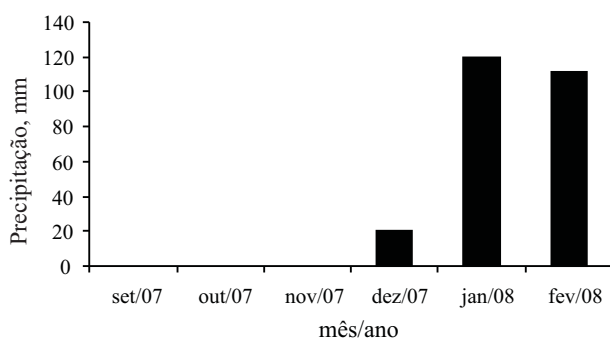


Figura 1 - Precipitação pluvial registrada em Brejo (MA), no período de 14/09/2007 a 28/02/2008

Após cada período de amostragem, os resíduos vegetais remanescentes nas bolsas foram secos a 65 °C em estufa com circulação forçada de ar até peso constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR). Para quantificação dos nutrientes, os resíduos culturais de cada coleta foram moídos e passados em peneira de 1 mm de malha e os teores de N e P totais foram quantificados de acordo com Malavolta et al. (1997) e os de K total, conforme Tedesco et al. (1995). O conteúdo total de N, P e K foi estimado a partir do teor do nutriente de cada amostra, multiplicado pelo total da matéria seca em Mg ha⁻¹. Com base nesses dados, estimaram-se as taxas de decomposição e liberação diária de nutrientes, de acordo com a função matemática que melhor se ajustou aos dados observados.

Os dados foram submetidos à análise de variância dos efeitos principais (coberturas e épocas de avaliação)

e para sua interação. Quando a interação se mostrou significativa, procederam-se aos desdobramentos necessários, de acordo com Banzatto e Kronka (2006). As médias das diferentes coberturas foram comparadas entre si em cada época de amostragem, pelo teste de Tukey a 5%, enquanto que os dados das épocas de amostragem foram explicados mediante ajuste de equações de regressão polinomial.

Resultados e discussão

As culturas de cobertura apresentaram produções diferenciadas de biomassa seca no tempo zero (Tabela 1). A braquiária produziu maior quantidade de biomassa (15,8 Mg ha⁻¹), seguido pelo consórcio braquiária + milho (9,10 Mg ha⁻¹), milho solteiro (6,98 Mg ha⁻¹) e vegetação espontânea (1,97 Mg ha⁻¹). Torres et al. (2008) obtiveram, em Latossolo Vermelho em Uberaba-MG, produções de biomassa de braquiária e milho menores (6,0 Mg ha⁻¹) e maiores (10,3 Mg ha⁻¹), respectivamente, do que aquelas observadas neste estudo. Por outro lado, Oliveira et al. (2002) e Farinelli et al. (2004) reportaram, em Latossolo Vermelho-Amarelo e Nitossolo Vermelho, respectivamente, para o milho, valores superiores (14,1 e 13,7 Mg ha⁻¹), o que pode ser atribuído à maior pluviosidade durante o desenvolvimento da cultura nos dois trabalhos.

Em relação à decomposição da matéria seca, a vegetação espontânea, o milho, a braquiária e a combinação destas duas últimas, apresentaram decréscimos similares nos primeiros 60 dias, com perdas de 12; 13; 10 e 16%, respectivamente (Tabela 1). A baixa percentagem de decomposição nesse período deveu-se provavelmente à ausência de precipitação pluvial, uma vez que alta temperatura e umidade elevada aumentam a atividade microbiana do solo e, conseqüentemente, a taxa de decomposição do material aportado (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Aos 100 dias de avaliação, as palhadas de vegetação espontânea, milho, braquiária e do consórcio reduziram 18; 34; 48 e 50%, respectivamente, em relação ao tempo zero (Tabela 1). Esses percentuais foram menores do que aqueles observados por Klieman et al (2006), aos 150 dias, em estudo realizado na região dos Cerrados, com as culturas do milho (58%), braquiária (56%) e o consórcio milho braquiária (56%).

Houve diferença na decomposição das culturas de cobertura em cada tempo de avaliação. A palhada de braquiária apresentou a maior quantidade de matéria seca remanescente (MSR) no solo em todos os períodos de avaliação ($P < 0,05$). Milho e milho + braquiária apresentaram quantidades intermediárias e, a vegetação espontânea, a menor (Tabela 1). O aumento da decomposição

Tabela 1 - Quantidades de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) remanescentes dos resíduos culturais de plantas de cobertura solteiras, consorciadas e vegetação espontânea num período de 100 dias de avaliação

Espécies#	Tempo (dias)					
	0	20	40	60	80	100
MS (Mg ha ⁻¹)						
B	15,80 a	15,40 a	14,90 a	14,20 a	12,40 a	8,14 a
M	6,98 b	6,58 b	6,47 b	6,09 b	5,25 b	4,63 b
B+M	9,10 b	8,68 b	8,17 b	7,66 b	5,58 b	4,87 b
VE	1,97 c	1,92 c	1,78 c	1,74 c	1,50 c	1,62 c
F	113,00*	116,00*	110,00*	100,00*	76,70*	26,50*
N (kg ha ⁻¹)						
B	154,0 a	142,0 a	132,0 a	113,00 a	87,40 a	51,10 a
M	48,6 c	42,5 c	38,3 c	34,30 c	28,90 b	20,80 b
B+M	74,3 b	67,6 b	58,0 b	49,50 b	29,80 b	25,80 b
VE	14,0 d	12,7 d	10,6 d	9,44 d	7,46 c	7,10 c
F	396,0*	337,0*	296,0*	213,00*	130,00*	37,40*
P (kg ha ⁻¹)						
B	20,30 a	15,40 a	17,80 a	12,70 a	9,73 a	7,41 a
M	7,32 b	8,14 b	10,20 b	6,11 b	1,24 b	2,42 b
B+M	11,20 b	10,80 b	7,49 b	9,65 ab	4,48 b	2,61 b
VE	2,16 c	2,02 c	1,83 c	1,56 c	0,94 b	0,77 b
F	54,00*	28,40*	40,30*	21,10*	15,30*	7,50*
K (kg ha ⁻¹)						
B	238,0 a	242,0 a	198,0 a	204,0 a	72,00 a	16,70
M	96,5 b	91,9 b	87,2 b	72,6 b	34,50 b	10,70
B+M	127,0 b	127,0 b	111,0 b	102,0 b	36,60 b	10,60
VE	24,6 c	19,5 c	20,0 c	18,3 c	4,23 c	1,00
F	33,1*	26,3*	22,6*	25,5*	3,23*	0,17 ^{ns}

^{ns} – não significativo, * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($p \leq 0,05$)

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). # M – milho, B – braquiária, BM – braquiária + milho, VE – vegetação espontânea

dos resíduos culturais de cobertura ocorreu a partir do 65º dia, no início das chuvas da região. Entretanto, ao final do estudo, aos 100 dias, menos de 50% dos materiais vegetais avaliados tinham sido decompostos, sendo o milho e a vegetação espontânea, os materiais mais resistentes à decomposição. Resultado semelhante foi obtido por Torres e Pereira (2008), que avaliaram a taxa de decomposição de resíduos vegetais sobre um Latossolo Vermelho distrófico. Os autores constataram que o milho foi o material mais persistente no solo, em relação à braquiária, com um percentual de perda de massa de 42% aos 98 dias. A persistência do milho pode ser atribuída à composição

do material, que possui maiores teores de lignina e de celulose, compostos orgânicos de difícil decomposição, com relação C/N de 43:1, tornando-o mais resistente à ação dos microrganismos (BOER et al., 2007).

Para a matéria seca remanescente, a análise de variância das curvas de regressão polinomiais (coeficientes angulares) dos tratamentos, em função do tempo, mostrou efeito significativo apenas para braquiária e braquiária + milho, com a braquiária apresentando ajuste quadrático e, o consórcio, ajuste linear. De acordo com o coeficiente de regressão, a taxa de decomposição do consórcio braquiária + milho foi de 0,045 Mg ha⁻¹ dia⁻¹ (Figura 2).

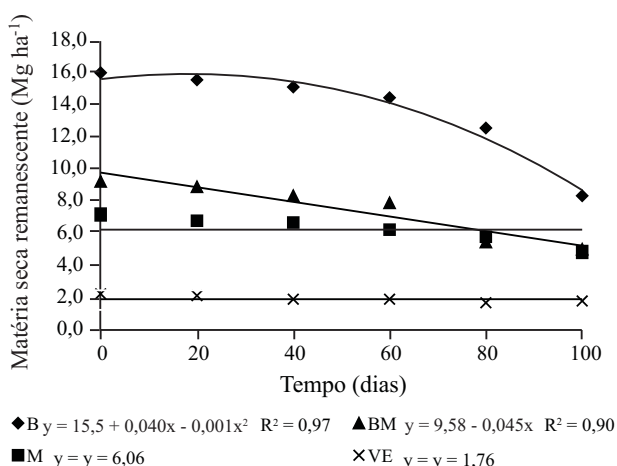


Figura 2 - Matéria seca remanescente dos resíduos culturais de plantas de cobertura solteiras, consorciadas e vegetação espontânea, em avaliações realizadas no campo até 100 dias após o manejo dos tratamentos na superfície do solo. M - milho, B - braquiária, BM - braquiária + milho, VE - vegetação espontânea

Houve diferença entre os tratamentos, na quantidade de N total remanescente em cada tempo de coleta. A braquiária foi o tratamento com maior quantidade de N total remanescente, seguido pelo consórcio braquiária + milho, milho e vegetação espontânea. Esse comportamento se seguiu até o terceiro período de coleta (sessenta dias) (Tabela 1). Aos cem dias, os tratamentos braquiária, milho, braquiária + milho e vegetação espontânea apresentavam 33; 43; 35 e 51% de N total, respectivamente. A braquiária foi o tratamento que liberou mais N para o solo, enquanto que a vegetação espontânea, a que menos liberou. Entretanto, a menor liberação de N pela vegetação espontânea decorreu, provavelmente, da baixa quantidade de N no resíduo, associado à baixa taxa de decomposição da matéria seca. Com exceção da vegetação espontânea, o milho foi o tratamento que conteve maior quantidade de N total remanescente, similarmente ao reportado por Braz et al. (2004), que verificaram maior quantidade de N total remanescente em milho, aos 52 dias após a dessecação.

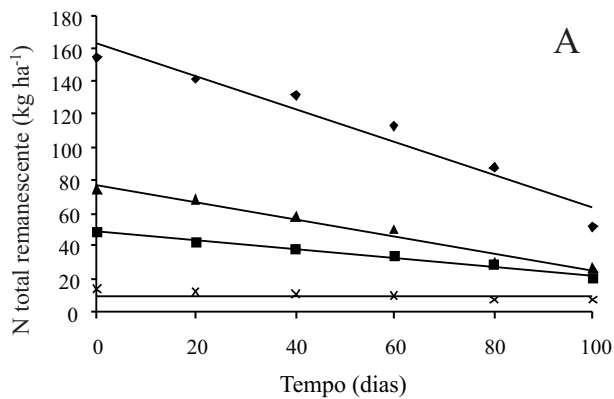
A quantidade de N total remanescente variou significativamente em função do tempo para os tratamentos braquiária, milho e braquiária + milho. Para todos os tratamentos, ajustou-se um modelo linear para explicar o decréscimo de N remanescente ao longo do período de avaliações (Figura 3A). A taxa de liberação de N desses tratamentos foi de 1,00; 0,26 e 0,52 kg ha⁻¹ dia⁻¹, similarmente ao reportado por Torres et al. (2008) quando avaliaram a

decomposição e liberação de nutrientes em sete espécies de plantas de cobertura e observaram que dentre as gramíneas, a braquiária foi a cultura com maior taxa de liberação de N.

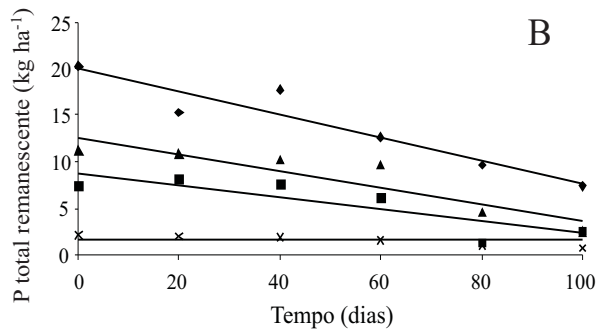
Similarmente ao N, a quantidade de P total remanescente diferenciou-se entre os tratamentos dentro de cada tempo de coleta. Inicialmente, logo após a dessecação dos resíduos, a maior quantidade de P total remanescente foi observada na braquiária, com o milho e braquiária + milho com valores intermediários e a vegetação espontânea apresentando a menor quantidade (Tabela 1). Esse comportamento se seguiu até o segundo período de coleta (quarenta dias). No terceiro período de coleta, aos 60 dias, a quantidade no consórcio foi semelhante à do milho e da braquiária, enquanto que, nos dois últimos (80 e 100 dias), apenas a braquiária diferenciou-se dos demais. No tempo zero, os resíduos de braquiária, milho, braquiária + milho e vegetação espontânea continham 20; 7,32; 11 e 2,16 kg ha⁻¹ de P, respectivamente, os quais se reduziram a 7,41; 2,42; 2,61 e 0,77 kg ha⁻¹, ao final do período de avaliação, denotando que ocorreu mineralização de 63; 67; 77 e 64%, respectivamente, durante os 100 dias de avaliação (Tabela 1). Avaliando-se o acúmulo e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura na entressafra, em condições de Cerrado, Boer et al. (2007) observaram que o milho, aos 120 dias, tinha liberado 46% do P total contido no resíduo. A análise de variância da regressão do fósforo remanescente em função do tempo foi significativa para os tratamentos braquiária, milho e o consórcio. O modelo testado estimou uma taxa de decomposição de 0,12; 0,06 e 0,09 kg ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente (Figura 3B).

As diferenças entre os tratamentos, dos valores de K total remanescente foram significativas em quase todos os tempos de coleta, com exceção do último (aos 100 dias), quando os tratamentos não diferiram entre si. Dentre os elementos avaliados, o K foi o que mineralizou mais rápido, com redução de 93; 89 e 92% para braquiária, milho e braquiária + milho, respectivamente (Tabela 1). O estudo da regressão foi significativo para braquiária, milho e braquiária + milho, com ajuste linear para o milho e quadrático para os demais tratamentos (Figura 3C). Entretanto, a análise de regressão para a vegetação espontânea não foi significativa. A taxa de liberação do K para o milho foi de 0,871 kg ha⁻¹ dia⁻¹. A maior velocidade de liberação desse nutriente, em relação aos demais em estudo, pode ser atribuída ao fato de o K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal, e encontrar-se na forma iônica (MEURER, 2006). Por essa razão, ele pode ser facilmente extraído dos tecidos das plantas, tanto pela água da chuva quanto pela própria umidade do solo (CALONEGO et al., 2005). Desta forma, para maior aproveitamento do K pelas culturas em sucessão, o prazo de implantação delas deve

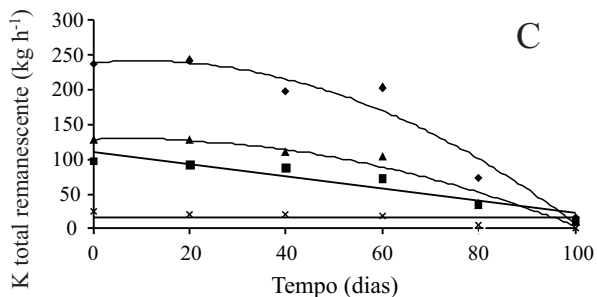
ser minimizado, com vistas à diminuição de perdas, devido à rápida liberação do K, conforme também reportado por Boer et al. (2007).



◆ B $y = 163,3 - 1,001x$ $R^2 = 0,95$ ▲ BM $y = 76,9 - 0,5204x$ $R^2 = 0,97$
 ■ M $y = 48,7 - 0,2629x$ $R^2 = 0,99$ × VE $y = y = 10,2$



◆ B $y = 20,1 - 0,124x$ $R^2 = 0,90$ ▲ BM $y = 12,7 - 0,091x$ $R^2 = 0,83$
 ■ M $y = 8,75 - 0,065x$ $R^2 = 0,72$ × VE $y = y = 1,55$



◆ B $y = 238,5 + 0,577x - 0,0288x^2$ $R^2 = 0,95$ ■ M $y = 109,5 - 0,8713x$ $R^2 = 0,88$
 ▲ BM $y = 127,8 + 0,227x - 0,0147x^2$ $R^2 = 0,96$ × VE $y = y = 14,6$

Figura 3 - Quantidade remanescente de nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c) em função do tempo de decomposição da fitomassa de resíduos culturais de plantas de cobertura solteiras, consorciadas e vegetação espontânea em um Latossolo Amarelo do cerrado maranhense. M - milho, B - braquiária, BM - braquiária + milho, VE - vegetação espontânea

Conclusões

1. O período de aproximadamente 60 dias de estiagem, após estabelecimento dos tratamentos, prolonga o processo de decomposição da matéria seca e de liberação de N, P e K.
2. A liberação de K é mais rápida em comparação ao N e P, estando praticamente completa até os 100 dias após manejo da cobertura morta.
3. Devido ao maior acúmulo de matéria seca e de nutrientes, associado à decomposição inicial mais lenta, a braquiária mostrou-se mais eficiente na proteção do solo e liberação gradual de nutrientes para as culturas subsequentes.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro à realização deste trabalho e pela concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa à Luiz Fernando Carvalho Leite.

Referências

- AGUIAR, T. J. A.; MONTEIRO, M. S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do Cerrado piauiense. **Ambiente e Sociedade**, v. 08, n. 02, p. 1-18, 2005.
- AZEVEDO, D. M. P. *et al.* Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 01, p. 32-40, 2007.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jabotical: FUNEP, 2006.
- BAYER, C. *et al.* Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1473-1478, 2001.
- BOER, C. A. *et al.* Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 09, p. 1269-1276, 2007.
- BRAZ, A. J. B. P. *et al.* Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 02, p. 83-87, 2004.
- CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 01, p. 99-108, 2005.
- CERETTA, C. A. *et al.* Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de coberturas de solo e milho sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 01, p. 49-54, 2002.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999, 412 p.
- FARINELLI, R. *et al.* Desempenho da cultura do milho em função de épocas de semeadura e do manejo de corte da parte aérea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 03, n. 03, p. 391-401, 2004.
- KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 01, p. 21-28, 2006.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 03, p. 707-713, 2005.
- LOPES, P. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p. 71-75, 1987.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 03, p. 173-180, 2004.
- MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: UFV, 2006. p. 281-298.
- METAY, A. *et al.* Storage and forms of organic carbon in a no-tillage under cover crops systems on clayey Oxisol in dryland rice productions (Cerrados, Brazil). **Soil & Tillage Research**, v. 94, n. 01, p. 122-132, 2007.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 625 p.
- 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, n. 08, p. 1079-1087, 2002.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 02, p. 355-362, 2003.
- TEDESCO, M. J. *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.
- THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.
- TORRES, J. L. R. *et al.* 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. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1609-1618, 2008.
- WHITE, T. A.; BARKER, D. J.; MOORE, K. J. Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 101, n. 01, p. 73-84, 2004.
- ZECH, W. *et al.* Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 01-04, p. 117-161, 1997.