

## DESEMPEÑO AGRONÓMICO DE MILHETO E CROTALÁRIA CULTIVADOS EM SISTEMAS SOLTEIRO E CONSORCIADO

JOÃO VICTOR SILVA DELAZERI<sup>1</sup>, FRANCIELE CAROLINE DE ASSIS VALADÃO<sup>1</sup>, DANIEL DIAS VALADÃO JUNIOR<sup>1\*</sup>, BRUNO HERKLOTZ<sup>1</sup>, LUCIVALDO RUPOLO BERTONCELLO<sup>1</sup>, JOSÉ LUIZ DA SILVA<sup>1</sup>, ANDREIA DE OLIVEIRA VIEIRA<sup>1</sup>

Recibido: 20/03/2019

Recibido con revisiones: 07/01/2020

Aceptado: 07/01/2020

### RESUMO

Alguns fatores impedem que o Sistema de Plantio Direto (SPD) seja adotado em larga escala no Cerrado, dos quais destacam-se a alta temperatura e alta pluviosidade características do bioma que dificultam a manutenção da palhada sobre o solo e obtenção do verdadeiro SPD. O objetivo neste trabalho foi recomendar um arranjo entre milheto (*Pennisetum glaucum*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*), quando cultivados em consórcio com a finalidade de plantas de cobertura. O experimento foi implantado em Latossolo Vermelho de textura argilosa, em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por: cultivo solteiro de crotalária; cultivo solteiro de milheto; 25% de crotalária + 75% de milheto; 50% de crotalária + 50% de milheto; 75% de crotalária + 25% de milheto. Avaliou-se a taxa de cobertura do solo, densidade de raiz, acúmulo de fitomassa, teor e acúmulo de nutrientes, decomposição, tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ), ciclagem de nutrientes pelas palhadas e massa de plantas daninhas em cada sistema. A *C. spectabilis* foi suprimida pelo *P. glaucum* no consórcio 25% crotalária + 75% milheto. Embora a crotalária apresente o maior teor de N, o milheto apresenta maior acúmulo de N em  $\text{kg ha}^{-1}$  devido maior produção de matéria seca. O controle de plantas daninhas foi mais eficiente conforme aumentou a porcentagem de milheto nos tratamentos, assim como a quantidade de raízes. O consórcio 50% crotalária + 50% milheto é o arranjo mais favorável entre as duas espécies, apresenta valores intermediários de taxa de cobertura, acúmulo e decomposição de massa seca e nutrientes, além de controle de plantas daninhas, mantendo presente no sistema a características das duas espécies.

**Palavras-chave:** *Crotalaria spectabilis*, Decomposição, Fitomassa, *Pennisetum glaucum*.

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF MILLET AND CROTALARIA CULTIVATED IN SINGLE AND INTERCROPPING

### ABSTRACT

Some factors prevent the no-tillage system (NTS) from being widely adopted in the Cerrado, among which stand out the high temperature and high rainfall characteristics of the biome that make it difficult to maintain the mulch on the ground and obtain the true NTS. The objective of this work was to recommend an arrangement between millet (*Pennisetum glaucum*) and crotalaria (*Crotalaria spectabilis*), when cultivated in intercropping for cover crops. The experiment was carried out in a typical Kandiuox (Oxisol), in a randomized block design with five treatments and four replications. The treatments consisted of: single crotalaria cultivation; single cultivation of millet; 25% crotalaria + 75% millet; 50% crotalaria + 50% millet; 75% crotalaria + 25% millet. Soil cover rate, root density, phytomass accumulation, nutrient content and accumulation, decomposition, half-life ( $T_{1/2}$ ), straw nutrient cycling and weed mass in each system were evaluated. *C. spectabilis* was suppressed by *P. glaucum* in the 25% crotalaria + 75% millet consortium. Although crotalaria has the highest N content, pearl millet has higher N accumulation in  $\text{kg ha}^{-1}$  due to higher dry matter production. Weed control was more efficient as the percentage of pearl millet increased as well as the number of roots. The 50% crotalaria + 50% millet intercropping is the most favourable arrangement between the two species, presenting intermediate values of cover rate, accumulation and decomposition of dry mass and nutrients, as well as weed control, keeping present in the system the characteristics of the two species.

**Key words:** *Crotalaria spectabilis*, Decomposition, Phytomass, *Pennisetum glaucum*.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Campo Novo do Parecis. Brasil

\* Autor de contacto: daniel.valadao@cnp.ifmt.edu.br

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de uso do solo que sejam embasados nos moldes do desenvolvimento sustentável, com vertentes econômicas, ecológicas e sociais tem sido o foco na agricultura moderna. Como solução, tem-se estimulado a busca de alternativas de manejos com menor custo e maior produtividade que possibilitem pelo menos substituir parcialmente os insumos externos (Teixeira *et al.*, 2011; Leal *et al.*, 2013).

O uso de plantas de cobertura é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos modelos de produção agrícola, podendo restituir quantidades consideráveis de nutrientes aos cultivos, uma vez que essas plantas absorvem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e os liberam, posteriormente, na camada superficial pela decomposição dos resíduos (Teixeira *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2017).

Nas regiões de clima tropical, em razão das condições de elevadas temperaturas e umidade na primavera/verão, a decomposição dos resíduos vegetais ocorre rapidamente, o que diminui a sua persistência sobre o solo, devendo-se atentar para a quantidade e durabilidade da palhada produzida pela espécie antecedente à cultura principal (Pacheco *et al.*, 2011a,b). Nessas condições de clima, as características mais importantes nas plantas de cobertura do solo são a quantidade e a durabilidade da fitomassa produzida (Leite *et al.*, 2010).

As gramíneas são destaque na integração de modelos de rotação de culturas, proporcionam alta produção de fitomassa, de elevada relação C/N, que garante a cobertura do solo por um período prolongado (Medina *et al.*, 2013; Mendonça *et al.*, 2015). Dentre as utilizadas como cobertura sobressai o milheto, pelo acúmulo de nutrientes, a produção de fitomassa que varia de 7.000 a 10.000 kg ha<sup>-1</sup> (Teixeira *et al.*, 2009), Além disso, a época de semeadura do milheto é ampla, em razão de sua rusticidade, podendo o cultivo ser realizado de agosto a maio, dependendo da finalidade de uso (Carpim *et al.*, 2008).

A utilização de leguminosas como a crotalária para a finalidade de produção de palha estabelece um manejo favorável quanto ao aumento do teor

e disponibilidade de N nos solos, bem como potencial de controle de nematóides. Entretanto, possui a desvantagem da sua rápida decomposição, o que proporciona menor cobertura ao solo (Teixeira *et al.*, 2009).

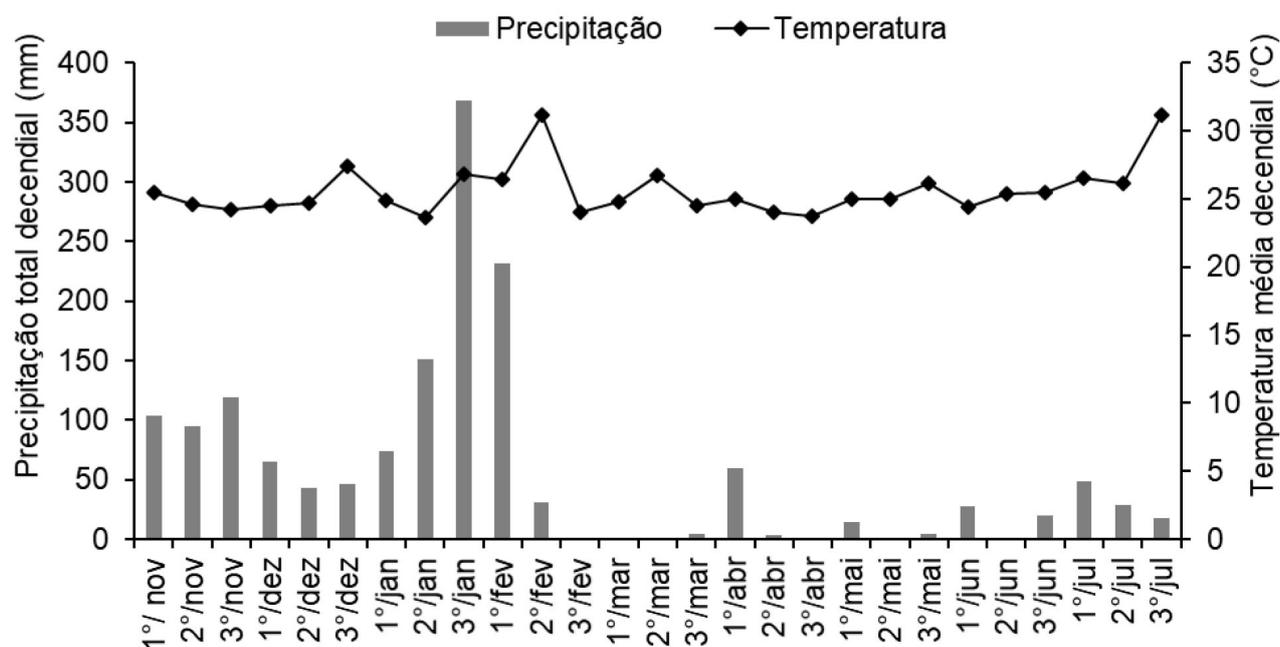
A adoção do consórcio entre leguminosas e gramíneas é uma alternativa para reduzir os problemas com o monocultivo das plantas de cobertura, pois deixa a relação C/N intermediária, o que proporciona cobertura de solo e liberação de nutrientes de forma constante por maior período de tempo, pois as leguminosas apresentam tempo de meia-vida (T<sup>1/2</sup>) menor que a de gramíneas (Teixeira *et al.*, 2009; Soratto *et al.*, 2012).

Neste sentido, objetivou-se recomendar um arranjo de consórcio entre milheto e crotalária para as condições do Cerrado, mediante avaliação da taxa de cobertura, densidade de raiz, produção de fitomassa seca, o acúmulo de macronutrientes (N, K, P e S), a decomposição e a liberação destes nutrientes das palhadas, bem como a incidência de plantas daninhas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Campo Novo do Parecis, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, conforme princípios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2018), cuja caracterização química de 0-0,20 m pelos métodos descritos por Teixeira *et al.*, (2017) é de pH-H<sub>2</sub>O 6,22; pH-CaCl<sub>2</sub> 5,62; H 5,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K 35,78 mg dm<sup>-3</sup>; P 32,01 mg dm<sup>-3</sup>; Ca 2,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 1,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Caracterização textural de 0-0,20 m é de 506 g kg<sup>-1</sup> de argila; 134 g kg<sup>-1</sup> de silte e 360 g kg<sup>-1</sup> de areia. A área experimental, localiza-se a 572 m de altitude, 13°40'31" de latitude Sul e 57°53'31" de longitude Oeste. De acordo com os preceitos de Köppen, o clima da região é o tropical quente e úmido (Aw). A temperatura média e as somas semanais de precipitações pluviais ocorridas durante o período experimental estão apresentadas na **Figura 1**.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repe-



**Figura 1.** Precipitação (mm) e temperatura média do ar (°C), decenal, para o período de janeiro a junho na área experimental, Campo Novo do Parecis - MT, Brasil.

**Figure 1.** Precipitation (mm) and mean air temperature (°C), decennial, from January to June in the experimental area, Campo Novo do Parecis - MT, Brasil.

tições. Os tratamentos foram constituídos de arranjos de consórcios entre milheto (*P. glaucum*) e crotalária (*C. spectabilis*), sendo: T1- 100% Crotalária; T2-100% Milheto; T3- 25% Crotalária+ 75% Milheto; T4- 50% Crotalária + 50% Milheto; T5-75% Crotalária + 25% Milheto.

A unidade experimental foi composta por 20 parcelas medindo 3,15 x 5,0 m cada, primeiramente dessecadas com glifosato + óleo mineral, nas concentrações de 1440 g i.a. ha<sup>-1</sup> + 0,5% de óleo mineral (428 g de i.a. L<sup>-1</sup>) respectivamente, em momento considerado propício a aplicação. As parcelas foram demarcadas e posteriormente a semeadura foi feita manualmente em linha, com espaçamento de 0,45 m, na densidade de 30 kg ha<sup>-1</sup>, em 05 de janeiro de 2018. Para a área útil foi descartado meio metro de cada extremidade da parcela. As parcelas foram avaliadas até o florescimento da segunda espécie em 50% das plantas. O monitoramento de doenças e pragas foi realizado apenas com intuito de se identificar as espécies presentes, sendo registrado o momento de aparecimento em dias após emergência (DAE). Na área experimental

não foi realizada adubação, controle de plantas daninhas e pragas.

As coletas de dados foram realizadas semanalmente após a semeadura, para mensurar a taxa de cobertura com o auxílio de um quadrado de metal de 0,25 m<sup>2</sup>, uma vez por parcela em ponto representativo, e a quantificação feita por análise fotográfica em malha quadriculada de 33x33, totalizando 1089 quadrados.

No florescimento, foi aberta uma trincheira por parcela de 0,60 x 0,40 m com a finalidade de avaliar a densidade e aspecto radicular nas camadas de 0,00 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m, utilizando um quadrado de tamanho 0,25 x 0,40 m, marcado com malha de 0,05 m. A avaliação foi qualitativa por meio de análise fotográfica. A dessecação ocorreu em momento favorável, com uso de glifosato + óleo mineral, nas concentrações de 1440 g de i.a. ha<sup>-1</sup> + 0,5% de óleo mineral (428 g de i.a. L<sup>-1</sup>), respectivamente.

O acúmulo de fitomassa foi obtido por meio da quantificação da matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas de cobertura, sendo coletada a área útil, considerada 1 m linear da área útil

da parcela. O material foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação de ar forçado à 65 °C, até atingir massa constante, os materiais foram pesados e seus valores estipulados para um hectare.

A quantificação da massa da parte aérea das plantas daninhas, foi realizada com auxílio de um quadrado de metal de 0,25 m<sup>2</sup> em dois locais representativos da parcela, o material foi identificado e acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação de ar forçado à 65 °C até atingir massa constante. Os valores foram extrapolados para um hectare.

A partir dos dados de massa seca das plantas de cobertura foi implantado o experimento para avaliação de decomposição e liberação de nutrientes da palhada. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida 5 x 7, onde o primeiro fator consistiu nos tratamentos de consórcios e o segundo fator, sete épocas de avaliação, sendo: 0, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 dias após o manejo.

Cada parcela foi representada por um *litter bag* de 0,2 x 0,2 m, confeccionado de tule com abertura de 2,0 mm. Os *litter bags* foram preenchidos com a quantidade de palhada correspondente ao acumulado em cada tratamento por hectare, na sequência foram dispostos sobre o solo na área de origem da palhada.

Em cada uma das épocas predeterminadas, coletou-se um *litter bag* por parcela. O material foi lavado com detergente neutro e água deionizada, seco em estufa de ventilação forçada regulada a 65 °C até obtenção de massa constante. Com esse resultado foi obtida a variável massa seca remanescente (kg ha<sup>-1</sup>). O material seco foi triturado em moinho tipo Wiley, em peneira 0,5 mm e destinados as análises do conteúdo de N, P, K e S conforme a metodologia do Malavolta *et al.* (1997).

A matéria seca decomposta em função do tempo foi calculada pela diferença entre o peso original e o peso determinado ao final de cada período de decomposição, obtendo-se assim, o percentual de massa seca remanescente. Com esses dados, estimou-se para cada parcela as taxas da decomposição e de liberação diária de nutrien-

tes utilizando o modelo exponencial simples, utilizado por Rezende *et al.* (1999). Reorganizando os termos desse modelo, foi calculado a constante de decomposição e o tempo de meia-vida.

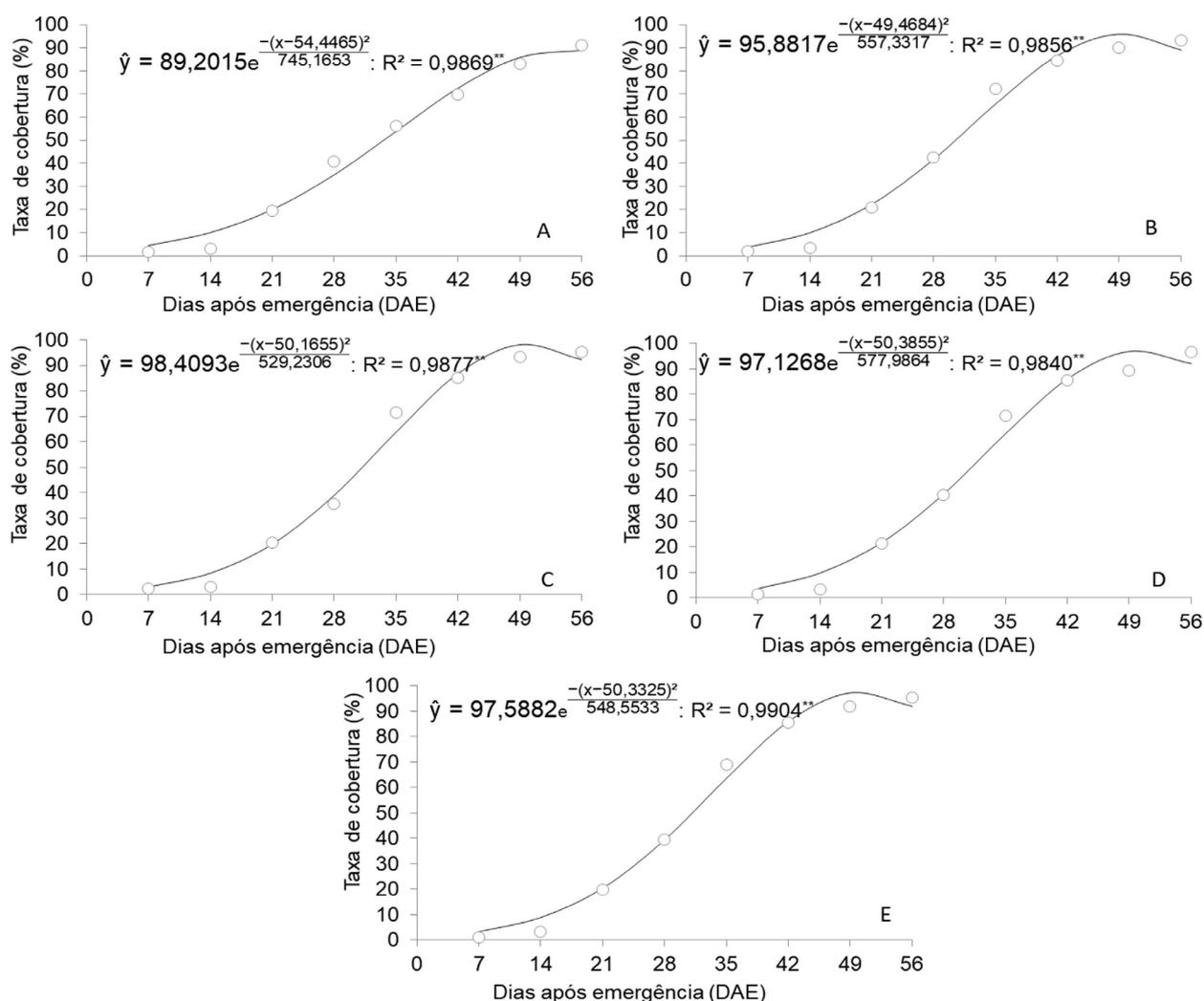
Os dados foram submetidos à análise de variância e quando F significativo ( $p < 0,05$  ou  $p < 0,01$ ) para taxa de cobertura foi aplicada a análise de regressão e as demais variáveis foram submetidas ao teste de média de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os modelos de regressão foram obtidos a partir do software CurveExpert Professional e para as análises de variância e comparação de médias pelo teste Tukey foi utilizado o software SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos não apresentaram diferenças quanto a taxa de cobertura do solo em função dos dias. Pode-se verificar, que aos 56 dias após emergência (DAE), apesar de todas as parcelas atingirem o estágio de pleno florescimento, nenhum tratamento proporcionou 100% de cobertura do solo. Verificou-se que todos os tratamentos se ajustaram ao modelo matemático Gaussien e através da linearização dos modelos obteve-se taxa de cobertura diária de 2,02 a 2,26% (**Figura 2**).

A máxima taxa de cobertura do tratamento 100%C foi de 89,20% e ocorreu aos 54,44 DAE (**Figura 1A**), enquanto do tratamento 100%M foi de 95,88% e ocorreu aos 49,47 DAE (**Figura 1B**). O tratamento que propiciou maior cobertura foi o 25%C + 75%M, com 98,40% que ocorreu aos 50,16 DAE (**Figura 2C**). Carvalho *et al.* (2013) ao estudarem consórcios entre gramíneas e leguminosas encontraram resultados semelhantes com 75% milho + 25% feijão-de-porco, obtendo taxa de cobertura de 97% aos 60 DAE. Um dos motivos para os resultados da taxa de cobertura pode ter sido o espaçamento adotado (0,45 m entre linhas) que pode ter influenciando negativamente, impedindo que ocorresse 100% de cobertura em pleno florescimento.

Os tratamentos 50%C + 50%M e 75%C + 25%M tiveram taxa de cobertura máxima de 97,12% aos 50,39 DAE (**Figura 2D**) e 97,58% aos 50,33 DAE (**Figura 2E**), respectivamente. Constata-se que os consórcios com milho me-



**Figura 2.** Taxa de cobertura: cultivo solteiro de crotalaria (A), cultivo solteiro de milho (B), 25% C + 75% M (C), 50% C + 50% M (D), 75% C + 25% M (E), Campo Novo do Parecis, MT- 2018.

**Figure 2.** Coverage rate: single crop of crotalaria (A), single crop of millet (B), 25% C + 75% M (C), 50% C + 50% M (D), 75% C + 25% M (E), Campo Novo do Parecis, MT- 2018.

Ihoram a taxa de cobertura do solo em relação a 100%C.

Em relação a avaliação qualitativa do sistema radicular, verifica-se que o milho solteiro (**Figura 3B**) apresentou um sistema radicular com grande número de raízes, mostrando o sistema radicular com crescimento rápido e contínuo. O crescimento radicular abundante pode auxiliar na melhoria das propriedades físicas do solo, notando-se menores valores de densidade do solo e maiores valores de macroporosidade em áreas de milho. Isso se deve ao fato de as gramíneas apresentarem sistema radicular mais denso e distribuído, favorecendo maior agregação do solo.

Além disso, a decomposição das raízes deixa galerias que favorecem a oxigenação do solo (Silva *et al.*, 2017).

Para o consórcio 25%C + 75%M (**Figura 3C**), pode-se observar sistema radicular semelhante ao cultivo solteiro do milho (**Figura 3B**). Essa semelhança entre o sistema radicular é devido à crotalaria cultivada em menor densidade ser suprimida pelo milho, pois este apresenta um crescimento inicial maior que a crotalaria, além desta possuir um porte menor que o milho. De forma geral, conforme aumentou a porcentagem de crotalaria nos tratamentos houve redução do volume de raízes (**Figura 3**). Na **Figura**



**Figura 3.** Distribuição das raízes do sistema radicular das plantas de cobertura: cultivo solteiro de crotalária (A), cultivo solteiro de milho (B), 25% C + 75% M (C), 50% C + 50% M (D), 75% C + 25% M (E), Campo Novo do Parecis, MT - 2018.

**Figure 3.** Root system distribution of the cover plants: single crop of crotalaria (A), single crop of millet (B), 25% C + 75% M (C), 50% C + 50% M (D), 75% C + 25% M (E), Campo Novo do Parecis, MT-2018.

**3A** e **3E** observa-se a baixa densidade radicular do tratamento 100% C e 75% C + 25% M, que comprovam o importante papel do milho na exploração do solo. Uma forma possível de melhorar resultados é a utilização de uma menor densidade de milho, visto que ele compensa em crescimento sem suprimir a crotalária (Teixeira *et al.*, 2009). Assim, para manutenção da densidade radicular, o consórcio 50%C + 50%M (**Figura 3D**) seria mais indicado, uma vez que o milho não suprimiu a crotalária, mantendo o benefício das duas espécies no solo.

Na **Tabela 1** estão apresentados os resultados dos conteúdos acumulados de massa seca da parte aérea, N, P, K e S aos 56 DAE, sendo

considerado o tempo zero ( $X_0$ ) no estudo de decomposição. Na mesma Tabela estão apresentados ainda os valores de taxa de liberação diária (K) de MSPA e seus respectivos nutrientes, bem como os valores de tempo meia vida ( $T_{1/2}$ ), ou seja, o tempo necessário para que ocorra 50% da decomposição dos resíduos e liberação dos nutrientes.

Com relação à massa seca das plantas de cobertura (**Tabela 1**), a crotalária solteira apresentou a menor produtividade em relação aos demais tratamentos e, de forma geral, o milho aumentou significativamente o acúmulo de massa seca nos cultivos. As gramíneas tropicais se destacam em relação as leguminosas devido sua elevada

**Tabela 1.** Parâmetros da equação  $X = X_0 \cdot e^{-kt}$  ajustada aos valores de massa seca parte aérea (MSPA), N, P, K e S e respectivos teores e tempos de meia-vida para o material incubado na superfície do solo, Campo Novo do Parecis-MT, Brasil

**Table 1.** Parameters of equation  $X = X_0 \cdot e^{-kt}$  adjusted to shoot dry matter, N, P, K and S values and their contents and half-lives for the material incubated on the soil surface, Campo Novo do Parecis-MT, Brasil

Arranjos	Variável	$X_0$	k	$T_{1/2}$	Teor
		kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>	Dias	g kg
100% C.	MSPA	2382,50 c	0,0165 a	42,20 b	-
100% M.	MSPA	6552,50 b	0,0095 b	73,99 a	-
25% C.+75 % M.	MSPA	8892,50 a	0,0100 b	73,09 a	-
50% C.+50% M.	MSPA	6585,62 b	0,0122 b	67,77 ab	-
75% C.+25% M.	MSPA	6531,87 b	0,0103 b	57,76 ab	-
DMS	MSPA	3006,41	0,0042	25,80	-
CV(%)	MSPA	21,55	15,90	18,18	-
100% C.	N	95,04 b	0,0210 a	32,16 b	39,51 a
100% M.	N	114,07 ab	0,0132 b	54,15 a	17,26 b
25% C.+75 % M.	N	172,17 a	0,0165 ab	42,20 ab	17,75 b
50% C.+50% M.	N	110,55 ab	0,0187 ab	37,27 b	19,35 b
75% C.+25% M.	N	131,06 ab	0,0220 a	32,16 b	20,46 b
DMS	N	63,62	0,0065	16,52	6,65
CV(%)	N	22,65	15,71	18,45	13,03
100% C.	K	25,36 b	0,0265 a	26,25 b	10,47 a
100% M.	K	91,64 a	0,0185 b	37,60 a	13,97 a
25% C.+75 % M.	K	108,45 a	0,0197 b	35,40 a	12,00 a
50% C.+50% M.	K	93,29 a	0,0220 b	31,75 ab	14,07 a
75% C.+25% M.	K	86,56 a	0,0192 b	36,07 a	13,35 a
DMS	K	61,1036	0,0042	6,77	4,69
CV(%)	K	33,43	8,98	8,99	16,30
100% C.	P	5,30 b	0,0260 a	26,85 a	2,20 a
100% M.	P	11,70 a	0,0412 a	37,06 a	1,78 ab
25% C.+75 % M.	P	13,71 a	0,0192 a	36,17 a	1,54 b
50% C.+50% M.	P	11,08 a	0,0207 a	33,57 a	1,68 b
75% C.+25% M.	P	11,83 a	0,0192 a	36,49 a	1,82 ab
DMS	P	5,76	7,3211	23,77	0,49
CV(%)	P	23,84	32,21	30,99	12,04
100% C.	S	4,89 a	0,0182 a	38,24 b	2,00 a
100% M.	S	11,68 a	0,0110 b	63,74 a	1,87 a
25% C.+75 % M.	S	11,04 a	0,0115 b	60,85 a	1,25 a
50% C.+50% M.	S	11,69 a	0,0140 b	51,37 ab	1,83 a
75% C.+25% M.	S	8,85 a	0,0120 b	59,07 a	1,34 a
DMS	S	7,7600	0,0040	16,3446	1,18
CV(%)	S	35,72	13,40	13,26	31,54

\*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). C = Crotalária; M = Milheto.  $T_{1/2}$  = tempo de meia-vida. K = liberação diária.  $X_0$  = conteúdo inicial. DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação.

taxa de crescimento inicial, entre outros aspectos, em razão da sua adaptação climática e sua eficiência fotossintética (Carpim *et al.*, 2008).

O arranjo 25% C + 75% M produziu quantidade de fitomassa seca superior às demais coberturas vegetais, o que pode ser explicado pela menor densidade do que no tratamento 100%M favoreceu o engrossamento do colmo do milho, apresentando plantas com maior massa seca por unidade. Ao estudar produção de massa seca da parte aérea de plantas de cobertura de verão, Medina *et al.* (2013) obtiveram resultados semelhantes para o tratamento 100%M, com produção de 7.160 kg ha<sup>-1</sup>. Para o tratamento 100% C. *juncea* a produção obtida pelos autores foi superior a encontrada no presente trabalho, sendo de 5.280 kg ha<sup>-1</sup>. Esse estudo comprova a maior eficiência das gramíneas na produção de massa seca.

No consórcio 25% C + 75% M verificou-se supressão da crotalária pelo milho, dessa forma, a massa seca nesse consórcio foi majoritariamente devida ao milho. Por outro lado, tanto no consórcio 50% C + 50% M quanto no 75% C + 25% M, observou-se que as duas espécies conseguiram competir, sendo constatada mesma contribuição de cada espécie para o saldo final de massa seca. O mesmo foi observado por Soratto *et al.* (2012) quando trabalharam com consórcio de milho e C. *juncea*, onde a predominância foi do milho.

Na implantação do sistema de semeadura direta deve-se adotar sistema de rotação de culturas que mantenha na superfície do solo uma quantidade mínima de palhada de 4,0 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca durante todo o ano, como medida de prevenção é indicado que deve adotar sistema de rotação que produzam, em média, 6,0 Mg ha<sup>-1</sup> ano ou mais de fitomassa seca (Vieira, 2009). Assim, com exceção do monocultivo de crotalária, todos os outros cultivos se tornam adequados ao sistema de semeadura direta ao analisar acúmulo de massa seca na superfície do solo. Todavia, ao conjugar diversidade de palhada com produção de massa seca, os cultivos 50% C + 50% M e 75% C + 25% M, seriam mais adequados.

Em relação à decomposição da matéria seca nos tratamentos com presença de milho solteiro e consorciado apresentaram taxas de decomposição similares. A maior taxa de liberação diária de massa seca foi obtida no monocultivo de crotalária, em contrapartida, quanto maior a proporção do milho no arranjo menor foi a liberação diária. A crotalaria solteira teve sua taxa de decomposição diária 73,68% maior que o tratamento 100%M, o qual teve a menor taxa (**Tabela 1**).

Para o tempo de meia-vida (T<sup>1/2</sup>) de decomposição dos resíduos (**Tabela 1**), observou-se que metade dos resíduos vegetais provenientes da área dos tratamentos 100%C e 75%C + 25%M havia se decomposto, respectivamente, aos 42 dias e aos 57 dias. Os tratamentos 100%M e 25%C + 75%M apresentaram maior T<sup>1/2</sup>, sendo ambos de 73 dias. Os consórcios 50%C + 50%M e 75%C + 25%M tiveram tempo T<sup>1/2</sup> intermediários, sendo o 50%C + 50%M mais próximo do 100%M. De forma geral, quanto aos atributos de decomposição da massa seca, entre os consórcios destaca-se 50%C + 50%M, uma vez que no consórcio 25%C + 75%M houve supressão da crotalária, não agregando ao sistema as vantagens dessa cultura.

Os resultados foram contrastantes aos de Torres *et al.* (2008), que observaram T<sup>1/2</sup> de 98 e 131 dias, para fitomassa de crotalária e milho, respectivamente. Resultado esse obtidos em Uberaba – MG em Latossolo Vermelho, no período de agosto a novembro. O baixo regime de chuvas nesse período pode explicar o maior T<sup>1/2</sup>, sendo agosto abaixo de 10 mm, setembro abaixo de 80 mm, outubro abaixo de 70 mm, todos acumulados, sendo novembro o mês de regularização das chuvas na região.

Teixeira *et al.* (2012) ao realizar estudo de decomposição na cidade de Seropédica - RJ, solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, encontraram resultados semelhantes aos do presente trabalho, onde o milho atingiu T<sup>1/2</sup> aos 70 dias sob condições de precipitação total, evaporação total e temperatura média foi de 305 mm, 283 mm e 22 °C, respectivamente. No presente trabalho a precipitação foi de 290 mm e temperatura média de 26,5 °C, ponderando a semelhança nos resultados. Isso evidencia que nas regiões

de clima tropical a decomposição dos resíduos vegetais ocorre com maior velocidade, o que diminui a sua persistência sobre o solo, justificado o estudo de decomposição de resíduos no Cerrado brasileiro e comprovando a dificuldade de manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo.

No que se refere aos teores de nutrientes (**Tabela 1**), o tratamento 100% C apresentou maior teor de N sendo 128,91% maior que o tratamento 100%M. Isso foi observado para esse tratamento no teor de P sendo 23,46% maior que o tratamento 100% M. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira *et al.* (2017), onde os teores obtidos foram de 36,0 g kg<sup>-1</sup> e 3,30 g kg<sup>-1</sup> para N e P respectivamente. Este resultado indica a capacidade das leguminosas em fixar o N atmosférico pela associação simbiótica com bactérias do gênero *Rizobium* e confirma que, geralmente, as leguminosas apresentam elevado teor deste nutriente na massa seca da parte aérea (Pereira *et al.*, 2017).

Os resultados obtidos para N são superiores aos observados por Leal *et al.* (2013), que verificaram teor de N de 25,6 g kg<sup>-1</sup>, e inferiores para P, de 2,9 g kg<sup>-1</sup> na parte aérea de plantas de *C. juncea* cultivada na entressafra da cultura do milho no estado do Mato Grosso do Sul em Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso. O mesmo ocorre em teores observados por Silva *et al.* (2010) em pesquisa feita no estado de São Paulo em Nitossolo Vermelho. Para a cultivar IAC-KR1 de *C. juncea*, os autores observaram teor de N de 22,9 g kg<sup>-1</sup> e de P de 2,3 g kg<sup>-1</sup>.

A respeito dos teores encontrados para o tratamento 100% M e 50% C + 50% M foi de 17,26 g kg<sup>-1</sup> e 19,35 g kg<sup>-1</sup> respectivamente para N, 1,78 g kg<sup>-1</sup> e 1,68 g kg<sup>-1</sup> respectivamente para P. Silva *et al.* (2010) encontraram 18,3 g kg<sup>-1</sup> e 19 g kg<sup>-1</sup> para teores de N e 2,7 g kg<sup>-1</sup> e 2,5 g kg<sup>-1</sup> para teor de P, para os tratamentos 100%C e 50%C + 50%M respectivamente.

Materiais vegetais com maior relação C/N, como as gramíneas, permanecem por mais tempo no solo, como observado no presente trabalho, porém, com o início a decomposição, há tendência de maior imobilização de nutrientes, logo que os teores dos mesmos, principalmente de N, dis-

poníveis na palha, não favorece a microbiota decompositora, o que acarreta na imobilização e diminuição da disponibilidade de alguns nutrientes para as culturas posteriores (Teixeira *et al.*, 2009). Assim, o consórcio traz benefícios por trazer valores intermediários de teor de N, regulando a taxa de liberação e imobilização do nutriente.

Para o teor de K e S não houve diferença entre os sistemas utilizados. Numericamente, Silva *et al.* (2010), obtiveram valores acima aos do presente trabalho para teor de K, sendo de 13 g kg<sup>-1</sup> e 22,9 g kg<sup>-1</sup> para os tratamentos 100% C. *juncea* e 100%M, respectivamente. Para teor de S eles encontraram resultados semelhantes, sendo de 1,7 g kg<sup>-1</sup> para crotalária e 2,5 g kg<sup>-1</sup> para milho.

Ao comparar acúmulo de N, P e K na palhada pode-se observar que a crotalária proporcionou o menor acúmulo tanto de N como de P e K (**Tabela 1**), isso em função do menor acúmulo de massa seca em relação aos demais consórcios, evidenciando que mesmo a crotalária apresentando maior teor dos nutrientes como N e P na fitomassa seca, o milho apresenta o maior conteúdo, devido a maior produção de MSPA, cicla mais nutrientes e proporciona melhor cobertura para as culturas de interesse econômico.

O consórcio 25% C + 75% M proporcionou maior acúmulo de N e foi 81,14% maior que a crotalária isolada e 50,89% maior que o milho isolado, isso proveniente da maior produção de massa seca. O menor acúmulo de N foi obtido no consórcio 100% C. Como no consórcio 25% C + 75% M houve supressão da crotalária, destaca-se os valores de N acumulado nos consórcios 50%C + 50% M e 75% C + 25% M, uma vez que proporcionaram valores intermediários totais de N (**Tabela 1**).

Os cultivos 25% C + 75% M e 100% M proporcionaram coberturas que mais tempo levaram para atingir a T<sup>1/2</sup> na liberação de N, sendo 42 e 54 dias, respectivamente (**Tabela 2**). A crotalária solteira foi a cobertura que apresentou a mais rápida liberação, atingindo T<sup>1/2</sup> vida aos 32 dias. Em relação a liberação diária, devido a relação C/N, quanto maior a predominância de crotalária

no arranjo, maior a taxa de liberação diária de nutrientes (**Tabela 1**).

Ao associar a taxa de decomposição das plantas de cobertura, rendimento de MSPA e liberação de N, esses materiais poderão ser manejados de acordo com as necessidades das culturas em sucessão, pois o N liberado em grandes quantidades em determinadas épocas do ano, pode ser perdido por lixiviação e/ou imobilização. Apesar da menor taxa de liberação de N, esta é a cobertura que mais protege o solo, sendo o milheto (Teixeira *et al.*, 2009). Por isso, os consórcios de milheto e crotalária que apresentaram taxas intermediárias de decomposição da MSPA e liberação de nutrientes são importantes para manter o equilíbrio entre proteção do solo e disponibilidade de nutrientes para a próxima cultura. O mesmo foi observado para acúmulo de P, sendo o arranjo 25% C + 75% M que proporcionou maior acúmulo do mesmo (**Tabela 1**), contudo, diferiu estatisticamente somente do arranjo 100%C, comprovando o papel do milheto na ciclagem desse nutriente.

Deve-se destacar a capacidade de ciclagem de K pela palhada de milheto que apesar de não ter diferença no teor, todos os arranjos com presença de milheto aumentaram consideravelmente o conteúdo de K. Os tratamentos 25% C + 75% M, 50% C + 50% M e 100% M resultaram, respectivamente em 327,64%; 267,85% e 261,34% menor acúmulo em relação a 100% C (**Tabela 1**).

Em áreas com níveis baixos de K é importante o uso de plantas de cobertura de solo pela capacidade de ciclagem, acúmulo e disponibilização deste nutriente para a cultura sucessora, o que beneficia os sistemas agrícolas (Teodoro *et al.*, 2011).

Para o  $T_{1/2}$  na liberação de P, K, e S remanescentes (**Tabela 1**), o arranjo 100%M foi o mais longo, sendo de 37 dias para P e K, e 63 dias para S. A crotalária solteira foi a cobertura que apresentou a mais rápida liberação dos mesmos, semelhante ao ocorrido na liberação de N. Os arranjos com predominância de crotalária tenderam a liberação diária maior.

A acentuada liberação de K é atribuída à remoção de fração solúvel pela água da chuva e à facilidade de decomposição dessa fração pela população microbiana, mesmo quando os resíduos vegetais permanecem na superfície do solo. As implicações negativas da rápida liberação de K podem ser contornadas pela seleção e pelo manejo das plantas de cobertura (Perin *et al.* 2010). Além disso esse elemento não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e não é metabolizado na planta, formando ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade (Costa *et al.*, 2014).

O conteúdo de S não foi alterado em função do consórcio, entretanto, o seu  $T_{1/2}$  para o tratamento 100%C foi 66,6% menor que 100%M. Com exceção do S, o  $T_{1/2}$  para os outros nutrientes avaliados se deu no período de 30 a 40 dias após a dessecação.

Quanto à massa seca de plantas daninhas (**Tabela 2**), observa-se que houve diferença entre 100% C e 100% M, sendo que os consórcios mostram valores intermediários de infestação de plantas daninhas. Isso demonstra que as parcelas com plantas de cobertura que apresenta um desenvolvimento inicial mais rápido, proporcionaram menor produção de MS de plantas daninhas.

A elevada produção de material de cobertura, obstrui a incidência direta de luz solar, dificultando a emergência e desenvolvimento de plantas daninhas principalmente as fotoblásticas positivas, quando ainda ocorre germinação dificilmente conseguem completar seu ciclo principalmente as espécies C4, devido não receber luz o suficiente para completar seu ciclo (Gomes & Christoffoleti, 2008).

Dentre as características desejáveis em um consórcio de planta de cobertura o que apresentou maior destaque entre os consórcios testado foi o 25% C + 75% M, apresentou similar controle de plantas daninhas, maior acúmulo de N, P, K e S, maior massa seca e sistema radicular abundante e denso, além do  $T_{1/2}$  intermediário, sendo essas características fundamentais para a consolidação de um sistema de plantas de cobertura. Porém, como nesse arranjo a crotalá-

**Tabela 2.** Massa seca de plantas de daninhas em função do consórcio entre crotalária e milho, Campo Novo do Parecis - MT, Brasil  
**Table 2.** Dry mass of weeds as a function of crotalaria-millet intercropping, Campo Novo do Parecis - MT, Brasil

Arranjos	Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )
100% C.	273,92 a
100% M.	173,40 b
25% C.+75 % M.	203,24 ab
50% C.+50% M.	237,88 ab
75% C.+25% M.	242,24 ab
DMS	81,40
CV(%)	18,47

\*Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey  $p < 0,05$ . DMS: Diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação.

ria foi suprimida e poderá não atingir os benefícios desejados o sistema mais adequado seria o 50%C+50%M, visto que não suprimiu a crotalária, além de proporcionar massa seca satisfatória, densidade de raiz próxima ao do milho, ciclagem intermediária o que reduziria as perdas por lixiviação ou deficiência na próxima cultura, além de promoverem a diversificação o que favorece a microbiota do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carpim, LK; RL de Assis; AJ Braz; GP Silva; FR Pires; VC Pereira; GV Gomes & AG da Silva. 2008. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. *Rev Bras Cien do Solo*. 32: 2813-2819. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000700027>.
- Carvalho, WP de; GJ de Carvalho; DO de Abbade Neto & LG Teixeira. 2013. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. *Pesqui Agropecu Bras*. 48: 157-166. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200005>.
- Costa, CH; CA Crusciol; RP Soratto & J Ferrari Neto. 2014. Persistência e liberação de elementos da fitomassa do consórcio crotalária com milho sob fragmentação. *Rev Cien Agron*. 45: 197-208. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195329390023>.
- Gomes, JR & PJ Christoffoleti. 2008. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. *Planta Daninha*. 26: 789-798. <http://dx.doi.org/10.1590/S010083582008000400010>.
- Leal, AJF; E Lazarini; LR Rodrigues & H Marcandalli. 2013. Adução nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. *Rev Bras Cien Solo*. 37: 491-501. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000200020>.
- Leite, LF; RC de Freitas; E Sagrilo & SR Galvão. 2010. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. *Rev Cien Agron*. 41: 29-35. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195314910004>.
- Malavolta, E; GC Vitti & AS Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Potafos. [Piracicaba, SP, Brasil]
- Medina, CC; CS Neves, CS; C Aita; I Bordin; E Preti; PV Zacheo; RS de Aguiar & S Urquiaga. 2013. Aporte de matéria seca por raízes e parte aérea de plantas de cobertura de verão. *Semin-Cienc Agrar*. 34: 675-682. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744120040>.
- Mendonça, VZ de; LM de Mello, LM de; M Andreotti; CM Pariz; ÉH Yano & FC Pereira. 2015. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. *Rev Bras Cien do Solo*. 39: 183-193. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20150666>.
- Pacheco, LP; JM Barbosa; WM Leandro; PLO de Machado; RL Assis; BE Madari & FA Petter. 2011a. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. *Rev Bras de Cien do Solo*. 35: 1787-1799. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762008000200006>.
- Pacheco, LP; JM Barbosa; WM Leandro; PL de Machado; RL Assis; T Cobucci; BE Madari & FA Petter. 2011b. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesqui Agropecu Bras*. 46: 17-25. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000091&pid=S0100-204X201100100001200016&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000091&pid=S0100-204X201100100001200016&lng=en).
- Pereira, AP; A Schoffel; J Koefender; JN Camera; DP Golle & RC Horn. 2017. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão. *Rev de Cien Agrárias*. 40: 799-807. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17065>.
- Perin, A; RHS Santos; SS Caballero; JG Guerra & LA Gusmão. 2010. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados. *Rev Ceres*. 57: 274-281. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000200020>.

- Rezende, CP; RB Cantarutti; JM Braga; JA Gomide; JM Pereira; E Ferreira; R Tarré; R Macedo; BJ Alvez; S Urquiaga; G Cadisch; KE Giller & RM Boddey. 1999. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic Forest region of the south of Bahia, Brazil. *Nutr. Cycling Agroec.* 54: 99-112. <https://doi.org/10.1023/A:1009797419216>.
- Santos, HG dos; PK Jacomine; LH dos Anjos; VA de Oliveira; JF Lumbreras; MR Coelho; JA de Almeida; JC de Araújo Filho; JB de Oliveira & JF Cunha. 2018. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. rev. ampl. Embrapa. [Brasília, DF, Brasil]
- Silva, AG da; CA Cruscioli; RP Soratto; CH da Costa & J Ferrari Neto. 2010. Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamonã em sucessão no sistema plantio direto. *Ciência Rural.* 40: 2092-2098. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010001000007>.
- Silva, MP; O Arf; ME de Sá; FL Abrantes; CLF Berti & LCD de Souza. 2017. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. *Rev Bras de Cien Agrárias.* 12: 60-67. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119050448010>.
- Soratto, RP; CA Cruscioli; CH Costa; JR Neto & GS Castro. 2012. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. *Pesq Agropecu Bras.* 47: 1462-1470. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001000008>.
- Teixeira, CM; GJ de Carvalho; MJ Andrade; CA Silva & JM Pereira. 2009. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milheto e milheto + crotalária no plantio direto do feijoeiro. *Acta Sci-Agron.* 31: 647-653. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.1356>.
- Teixeira, MB; A Loss; MG Pereira & C Pimentel. 2012. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. *Idesia.* 30: 55-64. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292012000100007>.
- Teixeira, MB; A Loss; MG Pereira & C Pimentel. 2011. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. *Rev Bras Cienc Solo.* 35: 867-876. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300021>.
- Teixeira, PC; GK Donagemma; A Fontana & WG Teixeira. (Ed) 2017. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3 ed. rev. ampl. [Brasília, DF, Brasil]
- Teodoro, RB; FL Oliveira; DM Silva; C Fávero & MA Quaresma. 2011. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado no Alto Vale do Jequitinhonha. *Rev Bras de Cien do Solo.* 35: 635-643. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200032>.
- Torres, JL; MG Pereira & AJ Fabian. 2008. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesqui Agropecu Bras.* 43: 421-428. <http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n3/a18v43n3.pdf>.
- Vieira, CP. 2009. Sistemas de manejo do solo, culturas de cobertura e rotação de culturas: resposta para soja e milho. Tese de Doutorado em Sistemas de Produção, Universidade de São Paulo. [Ilha Solteira, SP, Brasil]