



## Milho cultivado sob bases agroecológicas em sucessão a adubos verdes em Dourados-MS

Leandro Flávio Carneiro<sup>(1)</sup>; Milton Parron Padovan<sup>(2)</sup>; Daniella Nogueira Moraes Carneiro<sup>(3)</sup>; Guilherme Felisberto<sup>(4)</sup>; Patrícia Aparecida de Carvalho Felisberto<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Professor adjunto; Universidade Federal de Goiás; Jataí, Goiás, leoflacar@yahoo.com.br; <sup>(2)</sup> Pesquisador; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; <sup>(3)</sup> Pós Doutoranda; Universidade Federal de Goiás; <sup>(4)</sup> Mestrando; Universidade Federal de Goiás; <sup>(5)</sup> Mestre; Universidade Federal de Goiás.

**RESUMO:** Modificar monocultivos para sistemas em bases agroecológicas é um processo dinâmico e peculiar a cada propriedade, requerendo a substituição de insumos sintéticos por insumos naturais. Com isso desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho de milho cultivado em sucessão a adubos verdes. O mesmo foi constituído de dez tratamentos (*Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna pruriens*, *Mucuna aterrima*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor*, consórcio de *C. juncea* e *P. glaucum*, mistura dos adubos verdes e a testemunha (plantas espontâneas)). Após o manejo avaliou-se a massa seca e a quantidade de nutrientes acumulados na parte aérea dos adubos verdes. Dez dias após o manejo dos mesmos semeou-se o milho. Avaliou-se a altura de plantas e de inserção de espiga, massa de espigas sem palha (milho verde), massa seca dos restos culturais e rendimento de grãos secos. Os resultados evidenciaram que o milho cultivado em sucessão a leguminosas, resulta em maior produção de massa de espigas e rendimento de grãos.

**Termos de indexação:** adubação verde, leguminosas, plantas de cobertura.

### INTRODUÇÃO

Modificar monocultivos para sistemas em bases agroecológicas é um processo dinâmico e peculiar a cada propriedade, requerendo a substituição de insumos sintéticos por insumos naturais, como a substituição de fertilizantes sintéticos pela adubação verde, aliada a um conjunto de práticas para redesenhar a paisagem (Padovan & Campolin, 2011).

A adubação verde é caracterizada pelo uso de espécies vegetais capazes de promover a reciclagem e aporte de nutrientes ao solo, produzir elevadas quantidades de fitomassa em curtos períodos e disponibilizar ao solo (Hernani & Padovan, 2014). Dentre as características desejáveis para a seleção de adubos verdes, destacam-se a produção de fitomassa e quantidade de nutrientes acumulados. Tais características,

juntamente com a relação C/N, permitem conhecer a capacidade de cada espécie em manter boa cobertura vegetal sobre o solo, acúmulo de nutrientes na palhada e consequente liberação sincronizada dos nutrientes para as culturas subsequentes (Padovan et al., 2013a).

Nesse contexto, torna-se fundamental para a inserção de adubos verdes em sistemas de produção, o conhecimento da acumulação de massa e nutrientes por “plantas melhoradoras de solos”, bem como sua dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes (Padovan et al., 2013a).

Partindo do pressuposto que a utilização de adubos verdes antecedendo ao cultivo de milho pode auxiliar na viabilização de arranjos de produção com menor utilização de insumos externos, principalmente os fertilizantes, favorecendo a transição de sistemas convencionais para sistemas sob bases agroecológicas, desenvolveu-se um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho de milho cultivado em sucessão a adubos verdes.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no ano agrícola de 2009/2010 em Dourados no estado de Mato Grosso do Sul - MS, em sistema manejado sob bases agroecológicas. A área experimental encontra-se nas coordenadas geográficas 22° 16' S e 54° 49' W, com altitude média de 408 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, textura muito argilosa (152, 104 e 744 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente) e por ocasião da instalação do experimento, apresentou os seguintes resultados na camada de 0-20 cm: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,3; Al<sup>3+</sup> = 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P (Mehlich-1) = 22,1 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e MO = 26,1 g kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi composto por dez tratamentos: crotalaria (*Crotalaria juncea*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo-forrageiro (*Sorghum*



*bicolor*); consórcio de crotalária e milheto, mistura de todos os adubos verdes (MAV), além de uma testemunha, onde deixou-se desenvolver plantas espontâneas (*Amaranthus deflexus* (25%), *Bidens pilosa* (20%), *Commelina benghalensis* (10%), *Digitaria horizontalis* (15%) e outras espécies (30%)).

Semeou-se os adubos verdes em linhas espaçadas de 0,45 m, com densidade preconizada por Calegari et al. (1993) para cada espécie. No tratamento MAV utilizou-se 20% da semente recomendada para cultivo solteiro de cada espécie.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados e as unidades experimentais constituídas de 9,0 m de largura x 25,0 m de comprimento, com quatro repetições.

Aos 103 dias após a emergência, (estádio de formação de vagens e início da formação de grãos) antes de realizar o manejo das plantas de cobertura, determinou-se a produção de massa seca da parte aérea (MSPA), bem como o acúmulo de nutrientes por meio da amostragem com quadros de 1 m<sup>2</sup> lançados aleatoriamente nas parcelas. As amostras foram pesadas em balança de precisão para determinação dos valores de MSPA, moídas e submetidas à análise de tecido vegetal para determinação de macronutrientes conforme Malavolta et al. (1997). O acúmulo de nutrientes foi estimado a partir da multiplicação da MSPA e os respectivos teores de nutrientes de cada amostra.

Após o manejo dos adubos verdes realizou-se aplicação a lanço de 2 Mg ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, deixando-o na superfície do solo. O milho, da cultivar AL Bandeirante, foi semeado de forma direta sobre os resíduos culturais dos adubos verdes aos 10 dias após o manejo dos mesmos, em linhas espaçadas de 0,9 m, com densidade populacional de 45.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Quando as plantas se encontravam em estágio R3 (milho verde) mensurou-se altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE) e massa de espigas sem palha (MEMV). Por ocasião da colheita, determinou-se a massa seca dos restos culturais (MSRC) e rendimento de grãos (RG), com teor de água corrigido a 13%. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Produção de massa seca da parte aérea e acúmulo de nutrientes de adubos verdes

Constatou-se que a acumulação de MSPA pelos

adubos verdes, bem como da MAV e consórcio foram satisfatórias, representando várias opções de espécies ou arranjos com diferentes características para a escolha dos agricultores. No entanto, a MSPA de crotalária e MAV foi superior aos demais tratamentos. A MSPA produzida pelas plantas espontâneas foi semelhante às do feijão-de-porco e mucunas corroborando com os resultados de Padovan et al. (2013a).

Em sistema plantio direto, Nunes et al. (2006) relatam que a produção mínima ideal de palhada para manutenção e desenvolvimento do sistema é de 6 Mg ha<sup>-1</sup>. Assim, pode-se aferir que a adoção de qualquer tratamento supracitado proporciona ao produtor os benefícios da permanência de palhada sobre o solo.

A expressiva produção de MSPA por parte da MAV, de maneira geral, proporcionou maior acúmulo de nutrientes em relação aos outros tratamentos. A MAV acumulou o equivalente à aplicação de aproximadamente 665 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, se sobressaindo em relação aos demais tratamentos, corroborando com os resultados obtidos por Padovan et al. (2013b).

É importante ressaltar que até mesmo o menor acúmulo de N pelas plantas de cobertura (plantas espontâneas) proporcionou ao solo o equivalente à aplicação de 130 kg ha<sup>-1</sup> de ureia.

A MAV também proporcionou maior acúmulo de P. Embora o milheto tenha se desenvolvido de maneira satisfatória, não foi capaz de acumular P da mesma forma, sendo estatisticamente igual ao das plantas espontâneas (Tabela 1), correspondendo a 46% menor que o encontrado por Padovan et al. (2012), que relataram acúmulo de P por plantas de milheto da ordem de 24 kg ha<sup>-1</sup>, aos 91 dias após a emergência.

Sistemas sob bases agroecológicas têm como um dos maiores desafios o suprimento adequado de K às culturas, uma vez que não há alternativas de elevada eficiência para a adubação potássica. Então, faz-se necessário identificar espécies eficientes na reciclagem e exploração desse nutriente. A MAV e o consórcio de crotalária com milheto acumularam mais K que os demais tratamentos. O acúmulo de K foi 113% maior quando comparado às plantas espontâneas (Tabela 1). Portanto, o consórcio entre crotalária e milheto, e o coquetel de adubos verdes se tornam importantes alternativas para os produtores que optam por desenvolver a agricultura sob bases agroecológicas nessas regiões.

Nesse estudo, observou-se que o maior acúmulo de Ca foi obtido pela MAV. Os menores acúmulos



desse nutriente, se deram nos mesmos tratamentos de menor acúmulo de nitrogênio (plantas espontâneas, milho e sorgo-forrageiro).

De maneira geral, o Mg se acumulou mais nos tratamentos que se desenvolveram melhor, ou seja, aqueles que produziram maiores quantidades de MSPA. Pode-se inferir que seu maior acúmulo está intimamente ligado à produção de MSPA das plantas do que maior eficiência de absorção e acúmulo por determinada espécie ou arranjo de plantas.

O maior acúmulo de S se deu para a MAV (20,63 kg ha<sup>-1</sup>), entretanto a crotalária, as mucunas preta e cinza, e o consórcio também tiveram desempenhos satisfatórios acumulando 14,14; 12,29; 12,05 e 12,78 kg ha<sup>-1</sup> de S, respectivamente (Tabela 1)

### Caracteres morfológicos e rendimento de grãos de plantas de milho

O milho respondeu positivamente, na maioria das variáveis analisadas, quando cultivado após crotalária, feijão-guandu, feijão-de-porco, mucuna-cinza, mucuna-preta, consórcio de crotalária com milho e a MAV (Tabela 2). O sorgo-forrageiro e as plantas espontâneas proporcionaram menor AP, AIE e MSRC. Ainda, o milho cultivado sobre os restos vegetais do sorgo, obteve os menores valores de MEMV e RG, 4,52 e 3,0 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, quase 50% menos que o proporcionado pela MAV.

Levando-se em consideração que a maioria dos solos brasileiros apresenta teores insuficientes de N, faz-se necessário o seu fornecimento, seja em forma mineral ou orgânico, com o uso de leguminosas como adubos verdes. Além da fixação biológica de nitrogênio as leguminosas, apresentam menor relação C/N do que as gramíneas, por exemplo, o que tende a promover rápida decomposição e a consequente liberação de nutrientes, principalmente N. Ainda, por ter sistema radicular pivotante, algumas leguminosas são capazes de romper camadas compactadas e absorver nutrientes das camadas subsuperficiais, favorecendo a reciclagem de nutrientes. Esses benefícios podem ter contribuído para o melhor desempenho do milho, sobretudo, a FBN e rápida liberação de N.

A cultura do milho apresentou desempenho inferior quando cultivado sobre a palhada das gramíneas e das plantas espontâneas (predominância de gramíneas). Por ter elevada relação C/N, sua decomposição é mais lenta em relação às leguminosas. Outro fator é a demanda de N para a decomposição da palhada.

Esse fato pode explicar a pior performance do

milho cultivado após o sorgo-forrageiro (Tabela 2), tendo em vista que essa gramínea produziu elevadas quantidades de fitomassa na parte aérea das plantas (Tabela 1).

Santos et al. (2012) ressaltam, também, que várias espécies de sorgo apresentam interferência alelopática ao desenvolvimento de plantas infestantes ou de outras culturas. Assim, supõe-se que a performance da cultura do milho também foi prejudicada em função do efeito alelopático, uma vez que a implantação da cultura de interesse econômico ocorreu aos 10 dias após o manejo da gramínea.

Esses resultados evidenciam que somente a análise do acúmulo de fitomassa e de nutrientes pelos adubos verdes são parâmetros insuficientes para orientar a escolha das espécies mais adequadas para esse fim. Por isso, estudos relacionando o desempenho das culturas sucessoras se fazem necessários, pois, em geral, retratam a somatória dos benefícios proporcionados por cada espécie de adubo verde.

### CONCLUSÕES

A mistura de adubos verdes acumula quantidades superiores de nutrientes na parte aérea das plantas em relação a cultivos solteiros de algumas espécies de leguminosas.

O milho cultivado em sucessão a espécies leguminosas, seja em monocultivo ou consórcios, resulta em maior produção de massa de espigas e rendimento de grãos em sistemas de base agroecológica.

Estudos para identificar o potencial de adubos verdes devem avaliar, também, o desempenho da cultura sucessora, uma vez que os benefícios dessa prática vão além da contribuição nutricional, e o desempenho da cultura de interesse econômico retrata a somatória dos benefícios da adubação verde.

### REFERÊNCIAS

CALEGARI, A.; MODARDO, A.; BULIZANI, E. A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B. (Coord.). Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

HERNANI, L. C. & PADOVAN, M. P. Adubação verde na recuperação de solos degradados. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; et al. (Org.). Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Práticas. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.371-398.



MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. B. et al. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41:943-978, 2006. PADOVAN, M. P. & CAMPOLIN, A. I. Caminhos para mudanças de processos e práticas rumo à Agroecologia. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 52p.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F. et al. Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo milho para fins de adubação verde em sistemas de produção sob bases ecológicas. Revista Brasileira de Agroecologia, 7:95-103, 2012.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F. et al. Pré-cultivo de adubos verdes ao milho em agroecossistema submetido a manejo ecológico no Cone Sul de Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Agroecologia, 8:3-11, 2013a.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. S.; CARNEIRO, L. F. et al. Desempenho de adubos verdes e cultivo mínimo da mandioca submetida a manejo ecológico em um Latossolo Vermelho distroférrico em Dourados, Mato Grosso do Sul. Cadernos de Agroecologia, 8, 2013b. não pag.

SANTOS, I. C.; MENDES, F. F.; MIRANDA, G. V. et al. Avaliação de cultivares para produção orgânica de milho-verde e grãos em consorciação com mucuna-anã. Revista Brasileira de Agroecologia, 2:1141-1144, 2007.

**Tabela 1** - Massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas utilizadas como adubos verdes e acúmulo de macronutrientes na MSPA em Dourados, MS, no ano agrícola 2009/2010.

Adubos Verdes	MSPA	N	P	K	Ca	Mg	S
	Mg ha <sup>-1</sup>						
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----						
Crotalária	12,64 a <sup>1</sup>	233,00 c	28,53 b	137,01 d	42,93 b	45,74 a	14,14 b
Feijão-guandu	10,02 b	251,55 b	20,01 c	159,49 c	40,32 b	19,28 b	10,73 c
Feijão-de-porco	7,21 c	193,08 c	18,20 c	131,15 d	42,03 b	17,60 b	8,07 c
Mucuna-cinza	6,94 c	210,43 c	17,15 c	182,61 b	46,82 b	23,74 b	12,29 b
Mucuna-preta	7,08 c	197,86 c	18,28 c	156,52 c	47,57 b	21,70 b	12,05 b
Milheto	9,88 b	100,53 d	11,16 d	129,76 d	29,22 c	40,68 a	9,81 c
Sorgo-forrageiro	10,29 b	87,10 d	18,06 c	116,18 d	21,72 c	24,03 b	9,26 c
Crotalária/Milheto	11,64 b	211,49 c	26,65 b	206,59 a	38,83 b	35,86 a	12,78 b
MAV <sup>2</sup>	14,00 a	299,32 a	42,55 a	227,12 a	93,62 a	38,58 a	20,63 a
Plantas espontâneas	6,00 c	58,72 d	9,39 d	106,56 d	20,98 c	15,70 b	9,74 c

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Mistura de todos os adubos verdes.

**Tabela 2** - Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), massa seca de restos culturais (MSRC), massa de espigas em ponto de milho verde (MEMV) e rendimento de grãos (RG) de milho cultivado sob massa vegetal de plantas utilizadas como adubos verdes em Dourados, MS, em 2010.

Adubos Verdes	AP	AIE	MSRC	MEMV	RG
	m	m			
	----- Mg ha <sup>-1</sup> -----				
Crotalária	2,41 a <sup>1</sup>	1,25 a	7,96 a	8,42 a	5,41 a
Feijão-guandu	2,43 a	1,23 a	7,56 a	7,88 a	4,98 a
Feijão-de-porco	2,44 a	1,26 a	7,89 a	8,00 a	5,17 a
Mucuna-cinza	2,45 a	1,23 a	7,94 a	8,25 a	5,30 a
Mucuna-preta	2,48 a	1,25 a	7,84 a	8,12 a	5,14 a
Milheto	2,25 a	1,15 b	6,31 b	5,99 b	3,89 b
Sorgo-forrageiro	1,92 b	1,08 b	4,94 c	4,52 c	3,00 c
Crotalária/Milheto	2,44 a	1,24 a	7,67 a	8,13 a	5,17 a
MAV <sup>2</sup>	2,45 a	1,25 a	7,83 a	8,65 a	5,53 a
Plantas espontâneas	2,09 b	1,12 b	5,55 c	5,48 b	3,55 b

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Mistura de todos os adubos verdes.