

PLANTAS DE COBERTURA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM PLANTIO DIRETO SOB INFLUÊNCIA DE DÉFICIT HÍDRICO EM SOLO DE CERRADO

GUILHERME FELISBERTO¹, PATRÍCIA APARECIDA DE CARVALHO FELISBERTO¹,
LEANDRO FLÁVIO CARNEIRO², PAULO CÉSAR TIMOSSO²,
FLÁVIO HIROSHI KANEKO³ e JEANDER OLIVEIRA CAETANO⁴

¹UNESP, Jaboticabal, SP, Brasil, gfelisberto@outlook.com, pa_carvalho@ymail.com

²UFG, Jataí, GO, Brasil, lcarneirosolos@gmail.com, ptimossi2004@yahoo.com.br

³UFTM, Iturama, MG, Brasil, flavio.kaneko@uftm.edu.br

⁴Centro Universitário UNA, Belo Horizonte, MG, Brasil, jeandercaetano@gmail.com

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.15, n.3, p. 439-449, 2016

RESUMO – A resposta à adubação nitrogenada da cultura do milho é dependente do tipo de solo, sistema de cultivo, dose empregada e cultura antecessora. Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos dos resíduos vegetais de plantas de cobertura e da adubação nitrogenada no milho cultivado em sequência, sob sistema de plantio direto em consolidação no Cerrado. O experimento foi constituído de um fatorial 10 x 4, em delineamento de blocos casualizados e esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os tratamentos das parcelas foram os resíduos do cultivo de dez plantas de cobertura (*Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Crambe abyssinica*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Mucuna aterrima*, *Pennisetum glaucum*, *Raphanus sativus* e *Urochloa ruziziensis*) e, nas subparcelas, foram testadas quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N) em cobertura no estágio V5 da cultura do milho. Observou-se baixa resposta à adubação nitrogenada em cobertura, o que foi atribuído principalmente à ocorrência de déficit hídrico nas fases de florescimento e enchimento de grãos. De modo geral, as características agronômicas do milho foram mais influenciadas pela adubação nitrogenada do que pelas plantas de cobertura cultivadas anteriormente. O ganho médio de produtividade de grãos foi da ordem de 3,7 kg para cada 1 kg de N aplicado. O milho após *Urochloa ruziziensis* e *Crambe abyssinica* apresenta menor produtividade em relação ao uso das outras espécies de plantas de cobertura, independentemente da adubação nitrogenada.

Palavras-chave: adubação verde, sistema conservacionista, veranico, *Zea mays*.

COVER CROPS AND NITROGEN FERTILIZATION ON MAIZE GROWN IN NO-TILLAGE SYSTEM UNDER WATER DEFICIT ON CERRADO SOIL

ABSTRACT - The response to nitrogen fertilization of the corn is dependent on the type of soil, cropping system, dose used and preceding crop. In this context, the goal of the present study was to evaluate the effects of cover crops residues and nitrogen fertilization on corn grown in succession, under no-tillage system in the Cerrado region. The experiment was arranged in a factorial 10 x 4, in a randomized complete block design and subdivided plot scheme, with four replications. The treatments of the plots were the residues of ten cover crops (*Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Crambe abyssinica*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Mucuna aterrima*, *Pennisetum glaucum*, *Raphanus sativus* and *Urochloa ruziziensis*) and in the subplots four nitrogen doses (0, 50, 100 and 150 kg ha⁻¹ of N) were tested in the V5 stage of the corn. A low response to nitrogen fertilization was observed, which was mainly attributed to the occurrence of water deficit at the flowering and grain filling stages. In general, the agronomic characteristics of corn were more influenced by nitrogen fertilization than by the cover crops previously cultivated. The average gain of grain yield was of the order of 3.7 kg for each 1 kg ha⁻¹ of N applied. Corn after *Urochloa ruziziensis* and *Crambe abyssinica* presented lower productivity compared to the use of other cover crop species, regardless nitrogen fertilization.

Keywords: green manure, conservation tillage system, summer water deficit, *Zea mays*.

Com as devidas correções químicas, como calagem e adubação, extensas áreas de Cerrado que antes não eram cultivadas tornaram-se agricultáveis. Técnicas como o sistema de plantio direto (SPD) proporcionaram ganhos no rendimento operacional e aumento da matéria orgânica do solo (Virto et al., 2012), refletindo também na melhoria da fertilidade do solo e possibilidade de redução no uso de fertilizantes nitrogenados (Kappes et al., 2015).

Áreas de Cerrado com SPD por mais de 12 anos têm apresentado teores de carbono orgânico do solo semelhantes aos de solos de Cerrado nativo, demonstrando a capacidade desse sistema de controlar a degradação da matéria orgânica do solo e consequentemente aumentar a sua resiliência (Siqueira Neto et al., 2010).

No entanto, a manutenção da palhada/cobertura do solo, um dos princípios básicos dessa prática conservacionista, tem sido um grande desafio em áreas de Cerrado. Para suprir a necessidade de formação de palha e ao mesmo tempo promover a rotação de culturas, há a opção da utilização de plantas de cobertura, como leguminosas, eficientes em fixar nitrogênio (N), promovendo aumento de sua disponibilidade e baixando relação C/N dos restos culturais, o que pode favorecer as rápidas decomposição e mineralização, com significativo aporte de N ao sistema (Partelli et al., 2011). As gramíneas possuem grande capacidade de produção de matéria seca, absorção e reciclagem de nutrientes, com persistência de palhada devido a elevada relação C/N (Teixeira et al., 2011). Brássicas como o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) são capazes de se desenvolverem em solos compactados, até mesmo com considerável teor de argila, (Chen & Weil, 2010) e ainda absorver N eficientemente de camadas subsuperficiais do solo (Dean &

Weil, 2009), fator importante na reciclagem desse nutriente.

Menezes & Leandro (2004), avaliando espécies de cobertura do solo com potencial de uso em SPD no Cerrado goiano, observaram que a braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), a crotalária júncea (*Crotalaria juncea*) e o milheto (*Pennisetum glaucum*) foram as espécies que mais acumularam matéria seca durante o período estudado, demonstrando bom potencial para cobertura do solo. Os mesmos autores verificaram diferenças entre os resíduos das coberturas quanto à relação C/N, sendo apresentados maiores valores pela braquiária e aveia preta (*Avena strigosa*) e menores valores pela mucuna cinza (*Stizolobium muriens*) e mucuna rajada (*Stizolobium dierrigianum*). Trata-se, portanto, de fator a ser considerado no manejo da adubação devido à sua influência na velocidade de decomposição do resíduo e, consequentemente, no fornecimento de nutrientes à cultura sucessora.

Para o adequado manejo da adubação nitrogenada nos primeiros anos de implantação do SPD, deve-se atentar à possível predominância do processo de imobilização de N no solo em relação à mineralização. Tanto as quantidades de N liberadas pelos resíduos quanto as doses de N empregadas na adubação podem ser insuficientes para suprir a demanda de culturas exigentes como o milho, podendo haver necessidade de se aumentar a dose de N em até 30% nos cultivos subsequentes a outras gramíneas (Lopes et al., 2004).

No estudo de Menezes & Leandro (2004), não foi verificada influência de espécies antecessoras no cultivo de milho com adubação nitrogenada em cobertura. Portanto, além de se conhecer as características das plantas que compõem a rotação, há necessidade de se caracterizar seus efeitos na cultura sucessora sob di-

ferentes níveis de adubação nitrogenada a fim de auxiliar agricultores na tomada de decisão para dimensionar mais precisamente o aporte de N para o milho.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos dos resíduos vegetais de plantas de cobertura e da adubação nitrogenada sobre o milho cultivado em sucessão, em sistema plantio direto em fase de consolidação no Cerrado.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na área experimental (17°55'37,3"S, 51°43'4,7"O e 623 m de altitude) da Universidade Federal de Goiás (UFG), no município de Jataí, GO. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como do tipo Awa (tropical de savana mesotérmico), com duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco. A precipitação média anual é de 1.651 mm e a estação chuvosa apresenta média de 1.361 mm (Mariano, 2010). A temperatura média do ar durante a condução do experimento foi de 23,71 °C e a precipitação durante o ciclo da cultura do milho foi de 1.630 mm, dados obtidos em estação automática a aproximadamente 500 m de distância da área experimental e fornecidos pelo Inmet (2015) (Figura 1).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico muito argiloso, sendo utilizado em sistema de preparo convencional até 2009/2010, quando passou a ser cultivado em plantio direto com soja (*Glycine max*) na primeira safra e sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) na segunda safra.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em arranjo de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por um fatorial 10 x 4, sendo dez espécies de cobertura (Tabela 1) e quatro doses de N (0, 50, 100 e 150

kg ha⁻¹ de N) aplicadas em cobertura na cultura do milho cultivada em sucessão. As plantas de cobertura foram alocadas nas parcelas e, durante o ciclo do milho, foram aplicadas as doses de N nas subparcelas, perfazendo um total de 40 tratamentos e 160 unidades experimentais. Cada parcela possuía 4,5 m de largura por 10 m de comprimento e cada subparcela tinha 2,25 m de largura e 5 m de comprimento, sendo a área útil constituída por três linhas de milho de 4 m.

As espécies de cobertura foram semeadas de forma manual no dia 17 de fevereiro de 2014, em linhas espaçadas em 0,45 m, sem adição de fertilizantes, sobre palhada de soja. Em setembro de 2014, foi realizado corte manual nas parcelas de braquiária *ruiziensis*, rebaixando-se as plantas a 0,25 m do solo e removendo-se 12,9 Mg ha⁻¹ de massa seca. Esse procedimento foi necessário para possibilitar a semeadura direta do milho sem comprometimento da plantabilidade. A massa seca de braquiária foi estimada a partir de amostragens ao acaso com quadrado de 0,25 m² em dois pontos representativos de cada parcela, com secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante.

Em 29 de setembro de 2014, realizou-se o manejo dos resíduos das plantas de cobertura, com o corte dessas rente ao solo por meio de roçadoras manuais e sua deposição sobre o solo, sem incorporação. Em seguida, para quantificar os resíduos deixados por cada espécie de planta de cobertura, foram realizadas amostragens ao acaso, tal como foi feito com a braquiária. Em função dos diferentes ciclos e estádios de decomposição das plantas de cobertura, não se realizou a comparação de sua produção de resíduos (Tabela 1). Nessa mesma data, foram realizadas as amostragens de solo (camada de 0 - 0,2 m) por meio da coleta de dois pontos por parcela, formando uma amostra composta por tratamento para determinação de seus

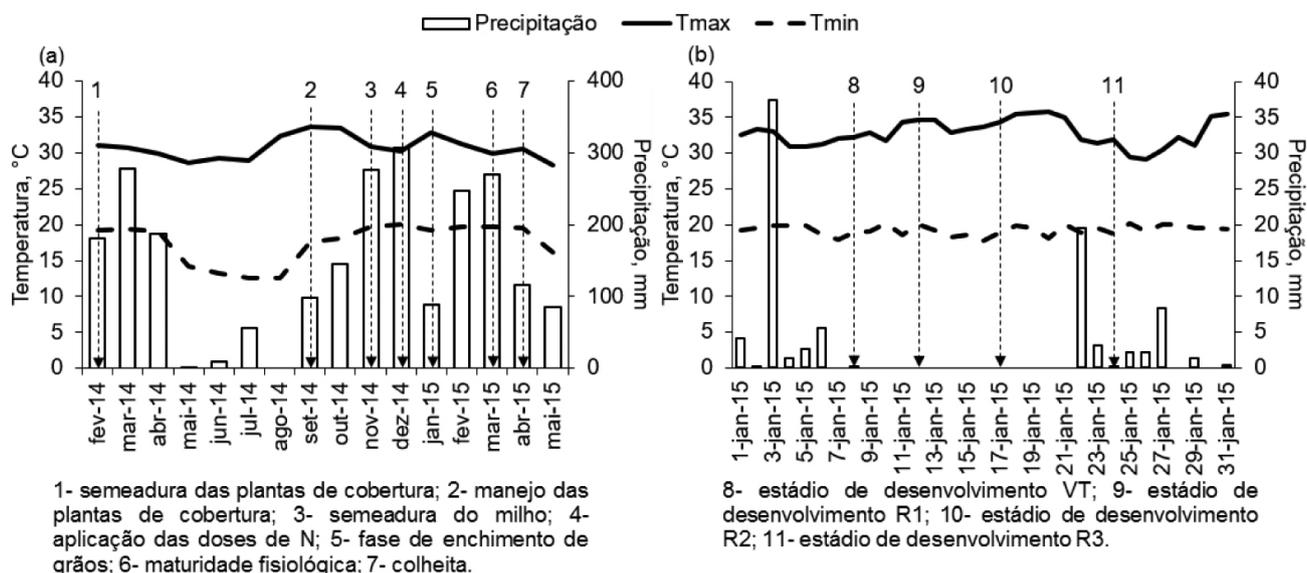


Figura 1. Precipitação e temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) durante a condução do experimento (a) e detalhe dessas condições durante a fase de enchimento de grãos da cultura do milho (b) em Jataí, GO (Fonte: Inmet, 2015).

Tabela 1. Espécies de planta de cobertura (tratamentos das parcelas), relação C/N indicada na literatura, densidade de semeadura empregada e residual de massa seca produzida (RMSP) em Latossolo Vermelho distroférrico no município de Jataí, GO.

Espécie	Nome comum	Família	Relação C/N	Sementes m ⁻²	RMSP kg ha ⁻¹
<i>Cajanus cajan</i>	Feijão guandu	Fabaceae	15-22 ¹	56	5983
<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão de porco	Fabaceae	10-16 ¹	11	7949
<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalária júncea	Fabaceae	17-19 ¹	56	2416
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Crotalária ocreoleuca	Fabaceae	25-29 ²	67	2942
<i>Crotalaria spectabilis</i>	Crotalária espectabilis	Fabaceae	10-16 ¹	73	5766
<i>Mucuna aterrima</i>	Mucuna preta	Fabaceae	12-21 ¹	9	8063
<i>Pennisetum glaucum</i>	Milheto	Poaceae	30-43 ¹	167	3370
<i>Urochloa ruziziensis</i>	Braquiária ruziziensis	Poaceae	41 ³	56	5280*
<i>Crambe abyssinica</i>	Crambe	Brassicaceae	35 ⁴	67	4384
<i>Raphanus sativus</i>	Nabo forrageiro	Brassicaceae	10-34 ¹	56	4101

¹ Wutke et al. (2014); ² Fischlerab et al. (1999); ³ Menezes e Leandro (2004); ⁴ Mauad et al. (2013). *Remanescente após corte manual a 0,25 m acima do solo e remoção estimada de 12,9 Mg ha⁻¹ de massa seca.

atributos químicos segundo metodologias descritas em Donagema et al. (2011) (Tabela 2).

Em 02 de outubro de 2014, foi realizada a dessecção das parcelas mediante a aplicação de herbicida glyphosate na dose de 1.300 g ha⁻¹ de equivalente ácido para evitar a brotação das plantas de cobertura. Após a aplicação desse herbicida, não foi realizada atividade de destruição da cobertura morta.

Com base na média dos valores das análises de solo após o cultivo das plantas de cobertura, em 06 de outubro de 2014 aplicaram-se 1.300 kg ha⁻¹ de calcário filler (PRNT de 92,54%, 36% de CaO e 15% de MgO), em superfície, sem incorporação, correspondendo a um terço da dose necessária para elevar a saturação por bases para 60%.

O milho híbrido simples Impacto® Viptera® foi semeado em 18 de novembro de 2014 sobre os resíduos vegetais das plantas de cobertura, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e densidade de 3,3 sementes por metro, a fim de se obter uma população

de 73 mil plantas por hectare. A adubação no sulco de semeadura foi realizada com base na média dos valores apresentados pelas análises de solo de cada planta de cobertura (Tabela 2). Utilizaram-se 750 kg ha⁻¹ do formulado NPK 04-14-08 + 0,3% Zn, conforme recomendação de Coelho (2006).

A emergência do milho ocorreu quatro dias após sua semeadura e a identificação dos estádios fenológicos da cultura para proceder as avaliações e os tratos culturais foi realizada de acordo com Magalhães e Durães (2006). Aos 15 dias após a emergência, quando o milho apresentou três folhas totalmente expandidas (estádio V3), procedeu-se à avaliação de estande inicial e à complementação da adubação potássica, com 30 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura no meio das entrelinhas da cultura utilizando cloreto de potássio (60% de K₂O). Aos 25 dias após a emergência (estádio V5), realizou-se a aplicação das doses de N em cobertura, utilizando-se ureia (46% de N), com distribuição manual em sulcos de aproximadamente

Tabela 2. Atributos químicos do solo após o cultivo de plantas de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico no município de Jataí, GO.

Plantas de cobertura	pH	H+Al	Ca	Mg	K	P _{Mehlich-1}	MO	SB	CTC
	H ₂ O	-----cmol _c	dm ⁻³	-----	mg	dm ⁻³	g kg ⁻¹	cmol _c	dm ⁻³
<i>Cajanus cajan</i>	5,8	7,8	1,5	0,4	60,2	4,1	34,1	2,1	9,9
<i>Canavalia ensiformis</i>	5,6	8,0	1,8	0,4	53,5	4,5	38,7	2,4	10,3
<i>Crotalaria juncea</i>	5,8	7,3	2,1	0,6	65,2	4,5	36,0	2,8	10,1
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	5,7	7,9	1,7	0,4	57,7	4,5	36,9	2,3	10,1
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5,7	7,8	2,2	0,4	46,0	5,9	36,4	2,7	10,4
<i>Mucuna aterrima</i>	5,8	7,9	1,8	0,6	49,3	6,1	36,0	2,5	10,4
<i>Pennisetum glaucum</i>	5,7	8,1	1,9	0,5	51,0	5,2	36,4	2,4	10,5
<i>Urochloa ruziziensis</i>	5,7	7,6	1,8	0,5	45,1	5,3	38,2	2,4	9,9
<i>Crambe abyssinica</i>	5,4	9,2	1,7	0,4	50,1	9,7	38,6	2,1	11,3
<i>Raphanus sativus</i>	5,4	8,0	1,5	0,4	85,3	5,7	36,4	2,1	10,0
Média	5,6	7,9	1,8	0,4	56,3	5,5	36,7	2,4	10,3
Coeficiente de variação (%)	2,6	6,4	12,2	16,6	21,3	28,9	3,8	10,4	4,0

MO: matéria orgânica do solo; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica.

0,05 m de profundidade no meio das entrelinhas. Posteriormente, os sulcos foram cobertos com solo para minimizar as perdas por volatilização de amônia.

O controle de pragas e doenças foi realizado visando ao bom desenvolvimento das plantas de milho, de modo que não interferissem nos tratamentos em estudo. Características agronômicas foram avaliadas em dez plantas tomadas ao acaso, em cada subparcela. No florescimento masculino, mediu-se o diâmetro do segundo internódio do colmo. No momento da colheita, foram avaliadas a altura de plantas do solo até a inserção da última folha (folha bandeira) e a altura de inserção da primeira espiga de cima para baixo. A colheita foi realizada em 15 de abril de 2015 nas três linhas centrais das subparcelas, para posterior quantificação da produtividade. Foram determinados as massas de espigas com palha (MECP) e sem palha (MESP), o número de fileiras de grãos (NFG), o número de grãos por fileira (NGF) e o número de grãos por espiga (NG), além da massa de 1.000 grãos (média de três pesagens de 100 grãos e extrapolação para 1.000 grãos) e da produtividade de grãos. Os dados de massa de 1.000 grãos e de produtividade de grãos foram corrigidos para teor de água de 130 g kg⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de agrupamento de médias (Scott Knott) para o efeito de plantas de cobertura e ajuste de equações de regressão para o efeito de doses de N, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar, versão 5.3 (Ferreira, 2011).

Resultados

A cultura do milho não apresentou diferenças significativas no seu estande em função dos resíduos das espécies de planta de cobertura, apresentando média de 72.926 plantas por hectare, embora

as parcelas com resíduos de braquiária *ruziziensis* tenham apresentado valor médio absoluto mais baixo, de 68.278 plantas por hectare. As plantas de cobertura e as doses de N na adubação do milho não afetaram as variáveis número de grãos por fileira e massa de 1.000 grãos, apresentando valores médios de 29,8 grãos e 252,2 g, respectivamente.

As variáveis diâmetro do colmo no florescimento, altura de inserção de espiga, altura de plantas, número de fileiras de grãos (NFG) e número de grãos (NG) por espiga não apresentaram diferenças em função dos resíduos das plantas de cobertura, com valores médios de 21,4 mm, 110 e 186 cm, 16,4 fileiras e 488,5 grãos, respectivamente. Já a adubação nitrogenada promoveu incrementos dessas variáveis, além das massas de espigas com palha e sem palha e da produtividade de grãos (Figuras 2 e 3).

O diâmetro de colmo máximo (21,8 mm) das plantas de milho foi estimado na dose de 105 kg ha⁻¹ de N, com 2 mm a mais que o observado no tratamento sem N em cobertura (Figura 2a). Embora significativos, os efeitos das doses de N nas alturas de planta e de inserção da espiga foram discretos (Figura 2b). O NFG também foi influenciado pela adubação nitrogenada, porém o incremento proporcionado até a dose de máxima resposta agrônômica estimada (121 kg ha⁻¹ de N) não excedeu uma fileira de grãos por espiga (Figura 2c). A variável NG apresentou aumento de 0,17 grão para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado em cobertura (Figura 2d).

As massas de espigas com e sem palha não foram influenciadas pelos resíduos das plantas de cobertura e apresentaram valores médios de 176 e 162 g, respectivamente. Em relação à adubação nitrogenada em cobertura, as duas variáveis apresentaram incremento à medida que se aumentaram as doses de N, respectivamente na proporção de 0,12 e 0,10 g por espiga para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado (Figura 3a).

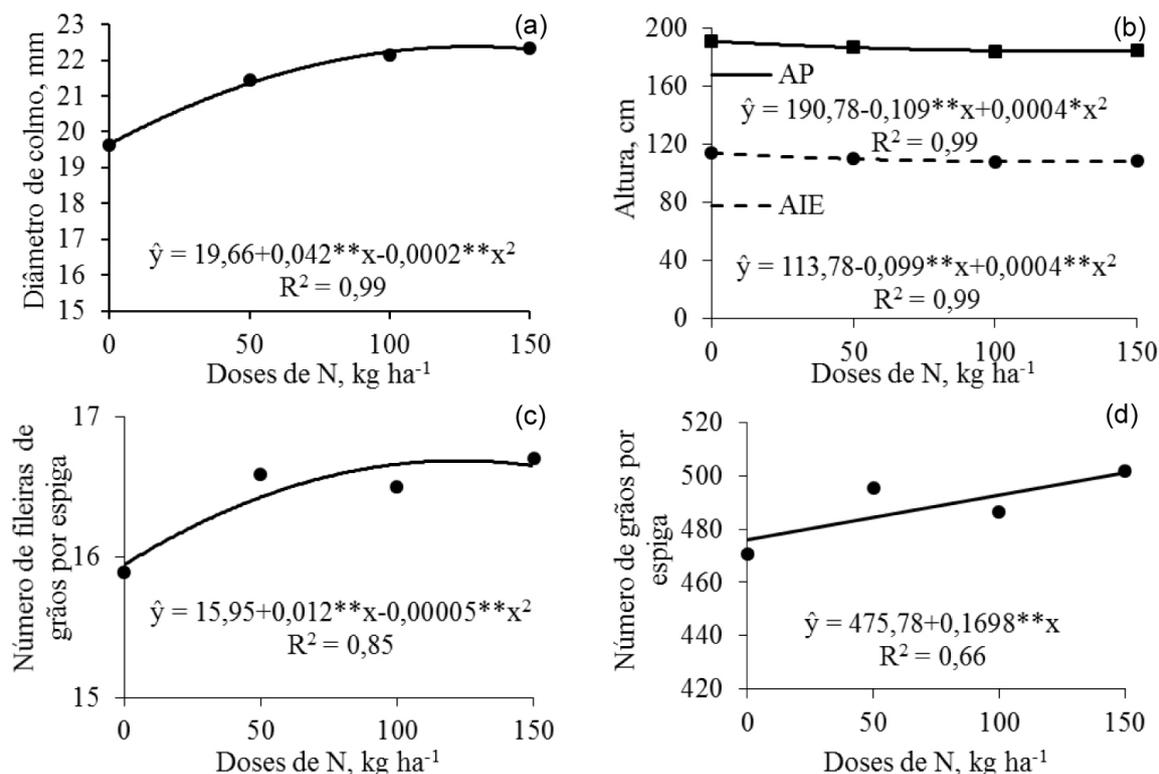


Figura 2. Diâmetro de colmo no florescimento (a), altura de plantas - AP e altura de inserção de espigas - AIE (b), número de fileiras de grãos (c) e número de grãos por espiga (d) em função da aplicação de doses de N em cobertura no milho. *, ** - significativo pelo teste T de Student a $p \leq 0,05$ e $0,01$, respectivamente (Jataí, GO, 2015).

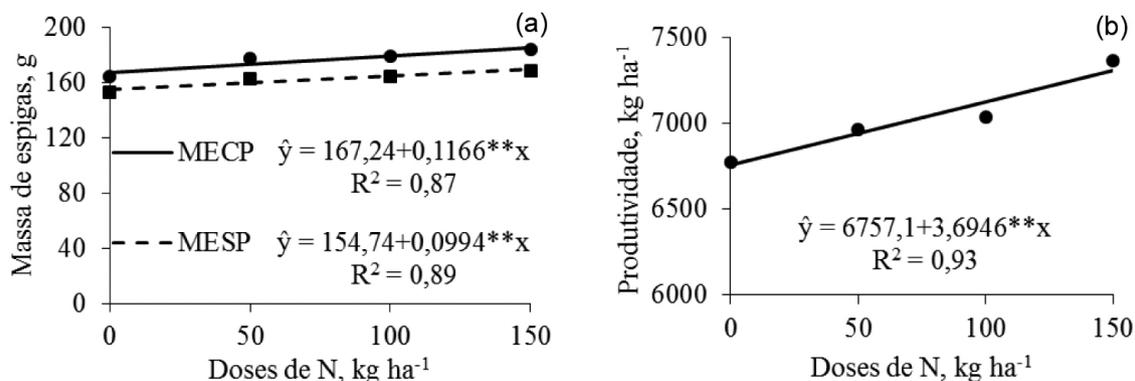


Figura 3. Massas de espigas com palha - MECP e sem palha - MESP (a) e produtividade de grãos (b) em função da aplicação de doses de N em cobertura no milho. ** - significativo pelo teste T de Student a $p \leq 0,01$ (Jataí, GO, 2015).

Embora os níveis de produtividade de grãos obtidos tenham sido baixos para o cultivo de verão na região (Sindicato Rural de Jataí, 2015), houve resposta linear ao N aplicado em cobertura, com máximo valor de 7.311 kg ha⁻¹ (Figura 3b), não tendo ocorrido interação entre os fatores em estudo. O ganho de produtividade foi da ordem de 3,7 kg para cada 1 kg de N aplicado.

Discussão

A produtividade de grãos da cultura do milho foi a única variável a apresentar diferença significativa para tipos de plantas de cobertura. A diferença entre a maior e a menor produtividades em relação às plantas de cobertura foi de 1.239 kg ha⁻¹, destacando-se os menores rendimentos quando o milho foi cultivado sobre resíduos de braquiária *ruziziensis* e de crambe, as quais apresentam relação C/N maior quando comparadas às leguminosas (Tabela 1). A relação C/N mais elevada e a grande produção de massa seca por essas espécies podem ter aumentado a imobilização de N pelos microrganismos do solo (Teixeira et al., 2011), restringindo a disponibilidade do nutriente para o milho no início do ciclo. Resíduos como o da braquiária *ruziziensis*, com mais de 4.000 kg ha⁻¹, têm causado problemas na semeadura e no desempenho de culturas em sucessão (Scott et al., 2010).

Embora não tenha se observado redução significativa de estande, as parcelas onde se cultivou a braquiária apresentaram 4.648 plantas ha⁻¹ a menos em relação à média geral do experimento. Foi observado também certo retardo no desenvolvimento das plantas, fator que influenciou no desempenho do milho cultivado em sucessão. Acredita-se que a grande quantidade de resíduos de braquiária *ruziziensis* afetou a eficiência dos elementos de corte da semeadora, prejudicando a semeadura e posterior emergência do milho. Segundo

Trogello et al. (2014), os fatores que mais interferem na emergência das culturas em sucessão às plantas de cobertura são o manejo da palhada e os implementos de corte da semeadora da cultura principal e não diretamente a espécie utilizada como cobertura do solo.

Não foi observado atraso no desenvolvimento da cultura do milho em função da palhada de crambe, tampouco redução no estande, apresentando 73.926 plantas ha⁻¹. No entanto, Spiassi et al. (2011) relatam interferência da palhada dessa espécie no desenvolvimento inicial de plantas de milho, acarretando menores altura e matéria seca de parte aérea, devido à alelopatia. Essa possível alelopatia por parte dos resíduos de crambe pode ter resultado na menor produtividade de grãos (Tabela 3), o que reforça a necessidade de estudos para elucidar os efeitos da palhada de crambe sobre o milho até os estádios finais da cultura.

Em um experimento em Latossolo Vermelho distroférico argiloso no Sudoeste Goiano, avalian-

Tabela 3. Produtividade de grãos de milho cultivado sobre resíduos de plantas de cobertura (Jataí, GO, 2015).

Plantas de Cobertura	Produtividade de grãos kg ha ⁻¹
<i>Cajanus cajan</i>	7.084 a ¹
<i>Canavalia ensiformis</i>	7.009 a
<i>Crotalaria juncea</i>	7.238 a
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	7.434 a
<i>Crotalaria spectabilis</i>	7.313 a
<i>Mucuna aterrima</i>	7.307 a
<i>Pennisetum glaucum</i>	7.139 a
<i>Urochloa ruziziensis</i>	6.195 b
<i>Crambe abyssinica</i>	6.662 b
<i>Raphanus sativus</i>	6.961 a
Coefficiente de Variação (%)	11,97

¹Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

do doses e fertilizantes a base de ureia na safra verão 2008/2009, Guareshi et al. (2013) obtiveram valores de massa de 1.000 grãos superiores aos alcançados com o mesmo híbrido no presente estudo (252,2 g), variando de 315 a 378 g nas doses de 0 e 150 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, com produtividade de 8.451 kg ha⁻¹ na maior dose.

A principal justificativa para as baixas respostas do milho no presente experimento está ligada a limitações de ordem climática. Situações de elevadas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica, como as observadas no período compreendido entre os estádios de desenvolvimento VT e R3 (Figura 1), além de comprometerem a decomposição dos resíduos vegetais, diminuírem o transporte de N no solo e conseqüentemente a absorção pelas plantas, não permitiram à cultura expressar seu potencial produtivo. Nesses estádios, ocorre a acumulação de carboidratos nos grãos e a falta de água pode reduzir o transporte de fotoassimilados, levando ao menor peso unitário de grãos e a baixas produtividades (Magalhães & Du-rães, 2006).

Portanto, as condições de déficit hídrico nos estádios reprodutivos que compreendem o enchimento de grãos da cultura do milho reduzem as chances de resposta à adubação nitrogenada. Contudo, é importante ressaltar que os teores iniciais de matéria orgânica (Tabela 2), a prática da calagem, a liberação de N proveniente da palhada das plantas de cobertura e a adubação de plantio com o nutriente (30 kg ha⁻¹ de N) garantiram razoável produtividade (6.757 kg ha⁻¹), mesmo na ausência da adubação nitrogenada em cobertura. Esse resultado confirma o bom potencial de fornecimento de N pelo sistema solo e pela palhada das plantas de cobertura (Lopes et al., 2004), mesmo no SPD ainda em fase de consolidação no bioma Cerrado.

Conclusões

De modo geral, as características agrônômicas do milho foram mais influenciadas pela adubação nitrogenada do que pelas plantas de cobertura cultivadas anteriormente.

Sob influência de déficit hídrico nas fases de florescimento e enchimento de grãos, o milho cultivado no verão apresenta baixo potencial de resposta à adubação nitrogenada, independentemente da espécie de planta de cobertura antecessora. O ganho médio de produtividade de grãos foi da ordem de 3,7 kg para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado.

O milho após *Urochloa ruziziensis* e *Crambe abyssinica* apresenta menores produtividades em relação ao uso das outras espécies de plantas de cobertura.

Referências

- CHEN, G.; WEIL, R. R. Penetration of cover crop roots through compacted soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 331, n. 1/2, p. 31-43, 2010.
[DOI: 10.1007/s11104-009-0223-7](https://doi.org/10.1007/s11104-009-0223-7).
- COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 78).
- DEAN, J. E.; WEIL, R. R. Brassica cover crops for N retention in the Mid-Atlantic coastal plain. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 38, n. 2, p. 520-528, 2009.
[DOI: 10.2134/jeq2008.0066](https://doi.org/10.2134/jeq2008.0066).
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.
[DOI: 10.1590/S1415-43662013001000001](https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000001).

- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
[DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001).
- FISCHLERAB, M.; WORTMANN, C. S.; FEIL, B. Crotalaria (*C. ochroleuca* G Don.) as a green manure in maize-bean cropping systems in Uganda. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 97-107, 1999.
[DOI: 10.1016/S0378-4290\(98\)00150-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00150-6).
- GUARESHI, R. F.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R. Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 6, n. 2, p. 31-37, 2013.
[DOI: 10.14688/1984-3801.v06n02a04](https://doi.org/10.14688/1984-3801.v06n02a04).
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2015.
- KAPPES, C.; GITTI, D. C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C.; TARSITANO, M. A. A. Análise econômica do milho em sucessão a diferentes adubos verdes, manejos do solo e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 55-64, 2015.
[DOI: 10.14393/BJ-v31n1a2015-18092](https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-18092).
- LOPES, A. S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004. 115 p.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).
- MARIANO, Z. F. Precipitações pluviais e a cultura da soja em Goiás. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 121-134, 2010.
- MAUAD, M.; VITORIONO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; HEINZ, R.; GARBIATE, M. V. Straw persistence and nutrient release from *Crambe abyssinica* according to the time of management. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 1, p. 53-60, 2013.
[DOI: 10.4322/rca.2013.008](https://doi.org/10.4322/rca.2013.008).
- 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**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.
[DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n3p995](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p995).
- SCOTT, B. J.; EBERBACH, P. L.; EVANS, J.; WADE, L. J. **Stubble retention in cropping systems in southern Australia**: benefits and challenges. Orange: NSW Industry and Investment, 2010. 105 p.
- SINDICATO RURAL DE JATAÍ. **Relatório de perdas pela seca**. Disponível em: <<http://www.sindicatroruraldejatai.com.br/sindicato-rural-de-jatai-solta-relatorio-de-perdas-pela-seca>>. Acesso em: 12 jun. 2015.
- SIQUEIRA NETO, M.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; CARDOSO, A. N.; DOUZET, J. M.; FELLER, C.; PICCOLO, M. D. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Soil carbon stocks under no-tillage mulch based cropping systems in the Brazilian Cerrado: an on-farm synchronic assessment. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 187-195, 2010.
[DOI: 10.1016/j.still.2010.07.010](https://doi.org/10.1016/j.still.2010.07.010).
- SPIASSI, A.; FORTES, A. M. T.; PEREIRA, D. C.; SENEM, J.; TOMAZONI, D. Alelopatia de palhadas de coberturas de inverno sobre o crescimento inicial de milho. **Sêmima: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 577-582, 2011.
[DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n2p577](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p577).

TEIXEIRA, C. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milheto e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011. [DOI: 10.1590/S0100-06832011000300021](https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000300021).

TROGELLO, E.; MODOLO, A.; DALLACORT, R.; BAESSO, M.; SCARSI, M. Desenvolvimento do milho sobre diferentes manejos de palhada, sulcadores e velocidades de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 142-153, 2014. [DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p142-153](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p142-153).

VIRTO, I.; BARRÉ, P.; BURLOT, A.; CHENU, C. Carbon input differences as the main factor explaining the variability in soil organic C storage in no-tilled compared to inversion tilled agrosystems. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 108, n. 1/3, p. 17-26, 2012.

[DOI: 10.1007/s10533-011-9600-4](https://doi.org/10.1007/s10533-011-9600-4).

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 59-168.