



ARTIGO ORIGINAL

Polímeros orgânicos com ureia dissolvida e doses de nitrogênio no milho

Organic polymers with dissolved urea and nitrogen rates in maize

Ciro Corte Petean¹
Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho¹
Fernando Shintate Galindo^{1*}
Salatiér Buzetti¹
José Antônio Malmonge¹
Luiz Francisco Malmonge¹

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Av. Brasil Sul, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

*Autor Correspondente:
E-mail: fs.galindo@bol.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Zea mays
Fertilizantes de liberação gradual
Adubação nitrogenada
Eficiência agrônômica
Produtividade de grãos

KEYWORDS

Zea mays
Gradual release fertilizers
Nitrogen fertilization
Agronomic efficiency
Grain yield

RESUMO: A eficiência da adubação nitrogenada com ureia pode e deve ser melhorada em função das perdas por volatilização da amônia. Nesse contexto, a utilização de polímeros orgânicos de liberação lenta pode ser uma alternativa para um melhor aproveitamento do fertilizante nitrogenado. O objetivo foi avaliar o efeito de doses de N na forma de polímeros orgânicos à base de látex com ureia dissolvida, no estado nutricional, componentes de produção e produtividade de grãos de milho, assim como, analisar o residual de N dos polímeros orgânicos e a eficiência agrônômica dos tratamentos. O experimento foi desenvolvido no município de Selvíria - MS, em um Latossolo Vermelho Distrófico em sistema plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 5 x 4, sendo: 5 fontes de N (P1 = polímero orgânico com 30% de ureia dissolvida em água e 6,86% de N, P2 = polímero orgânico com 70% de ureia dissolvida em água e 19,35% de N, P3 = polímero orgânico com 30% de ureia dissolvida e 9,65% de N, P4 = polímero orgânico com 70% de ureia dissolvida e 11,00% de N e U = ureia com 45% de N) e 4 doses de N (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹). As fontes de N não diferiram quanto à produtividade de grãos de milho. Porém, nas maiores doses de N (120 e 180 kg ha⁻¹), o polímero P1 obteve as maiores eficiências agrônômicas, apesar do P2 ter se sobressaído na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. A produtividade de grãos de milho aumentou linearmente com o incremento das doses de N dos polímeros P1, P3 e P4 e até a dose de 107 kg ha⁻¹ de N para o polímero P2.

ABSTRACT: The efficiency of nitrogen fertilization with urea can be improved mainly due to the volatilization losses of ammonia. In this context, the use of organic slow-release polymers can be an efficient alternative for a better use of the applied nitrogen fertilizer. The objective of this study was to evaluate the effect of N doses as latex based organic polymers with dissolved urea sources, evaluating the nutritional state, productive components and corn grain yield, as well as to analyze the residual N in the organic polymers and the agronomic efficiency of the treatments. The study was conducted in Selvíria - MS, in a Latossolo Vermelho distrófico (Oxisol) under no-tillage system. The experimental design was a randomized block design with four replicates arranged in a 5 x 4 factorial scheme: 5 sources of N (P1 = organic polymer with 30% urea dissolved in water and 6.86% of N, P2 = Organic polymer with 70% urea dissolved in water and 19.35% of N, P3 = organic polymer with 30% dissolved urea and 9.65% of N, P4 = organic polymer with 70% dissolved urea and 11.00 % of N and U = urea with 45% of N) and 4 doses of N (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹). The sources of N did not differ for corn grain yield. However, at higher N rates applied (120 to 180 kg ha⁻¹), the polymer P1 had the highest agronomic efficiency, although P2 have excelled with application of 120 kg ha⁻¹ of N. The corn grain yield increased linearly with increase on applied N rates for polymers P1, P3 and P4 and up to the dose of 107 kg ha⁻¹ N for the P2 polymer.

Recebido em: 01/11/2017
Aceito em: 24/01/2019

1 Introdução

O milho é uma das espécies mais antigas e cultivadas no mundo (Duan et al., 2014; Galindo et al., 2016). Apesar dos avanços tecnológicos disponíveis na nutrição de plantas, manejo de solo e máquinas, a média produtiva brasileira (6013 kg ha⁻¹ na Região de Cerrado) ainda é muito baixa levando-se em consideração o potencial da cultura (Conab, 2018; Galindo et al., 2018).

Como forma de suprir a necessidade de consumo de alimentos no mundo, tem-se intensificado as áreas de cultivo visando maiores produtividades, principalmente por meio de investimentos em pesquisa e desenvolvimento agrícola, sobretudo na obtenção de materiais genéticos mais produtivos e no aumento da eficiência de uso dos fertilizantes aplicados (Mello et al., 2017). Dentre os insumos utilizados na agricultura, os fertilizantes nitrogenados são os que mais oneram o custo de produção, em função do potencial elevado de perdas por volatilização, lixiviação e nitrificação (Robertson & Groffman, 2007), além da demanda de N em culturas não leguminosas. As culturas do milho, trigo e arroz utilizam cerca de 50% de todo nitrogênio produzido no mundo (Ladha et al., 2016). Além disso, tanto a fabricação quanto aplicação de fertilizantes nitrogenados contribuem para emissão de gases (CO₂ e NO₂) que colaboram com o aumento do efeito estufa na terra (Xu et al., 2012).

Estima-se que, em média, a eficiência de uso de N por culturas de cereais seja de apenas 35%, e as perdas de N aplicados pelos fertilizantes superem 52% (Wang et al., 2015). Essa elevada quantidade de N perdida afeta diretamente o meio ambiente e polui a atmosfera e o lençol freático (Galloway et al. 2008). Conseqüentemente, estratégias para aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados, e otimizar a relação entre o manejo de N em sistemas produtivos e a qualidade ambiental têm ganhado destaque (Azeem et al., 2014; Naz & Sulaiman, 2016; Wang et al., 2015).

A utilização de fertilizantes de liberação lenta pode ser uma estratégia para reduzir os impactos ambientais causados pelas perdas de N no sistema. Diferentemente dos fertilizantes tradicionais, como exemplo ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio, que disponibilizam rapidamente o N às plantas, esses fertilizantes são capazes de liberar gradativamente o N às plantas e atrasar a liberação deste nutriente conforme o desenvolvimento das plantas (Chi et al., 2018; Ke et al., 2018; Zheng et al., 2017).

Pesquisas com fertilizantes recobertos, ou seja, grânulos revestidos com diversos materiais (resinas, ceras, polímeros, etc.) são crescentes (Chien et al., 2009; Civardi et al., 2011; Geng et al., 2016; Naz & Sulaiman, 2016; Teixeira et al., 2016). As perdas por volatilização ocorrem pelo contato do fertilizante com a enzima urease presente no solo. Com o revestimento, busca-se diminuir essa perda, já que o fertilizante estará protegido dentro de sua capsula. O recobrimento deste fertilizante com polímeros, busca a otimização das fontes disponíveis no mercado, em especial a ureia, por ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo e pode, dependendo

da característica dos polímeros, aumentar a eficiência de uso pelo mecanismo de liberação lenta e gradual do nutriente (Rodrigues et al., 2014).

Segundo Valderrama et al. (2011), a ureia revestida por polímeros e a convencional propiciam eficiência na nutrição e na produtividade de grãos de milho semelhantes. Ainda segundo Valderrama et al. (2011), o revestimento não tem sido eficaz nas condições edafoclimáticas de Cerrado de baixa altitude (altitude inferior a 400m acima do nível do mar), por se tratar de condições onde predominam altas temperaturas. Sendo assim, ainda há necessidade de novas pesquisas para o desenvolvimento de polímeros para o revestimento ou fornecimento da ureia, que possam resistir às altas temperaturas que são comuns nessa região.

Considerando que a aplicação de N com frequência aumenta a produtividade de grãos de milho e que a eficiência da adubação nitrogenada ainda precisa ser aumentada, o objetivo foi avaliar doses de N na forma de polímeros orgânicos à base de látex com ureia dissolvida, no estado nutricional, componentes de produção e produtividade de grãos de milho outonal. Assim como, analisar a quantidade de N contida nos polímeros orgânicos após sua aplicação (residual não liberado) e a eficiência agrônômica dos tratamentos.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Selvíria – MS, localizado nas coordenadas geográficas de 22° 22' de latitude S e 51° 22' longitude O, com altitude de 335 m em relação ao nível do mar, em condições de campo e em sistema de semeadura direta.

Segundo a classificação da Embrapa (2013), o solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (LVD). O clima, conforme a classificação de Köppen é o tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, do tipo fundamental Aw, e a precipitação média anual é de 1.370 mm. Os valores mensais de precipitação pluvial e temperatura do ar registrados durante a condução do experimento constam no Gráfico 1.

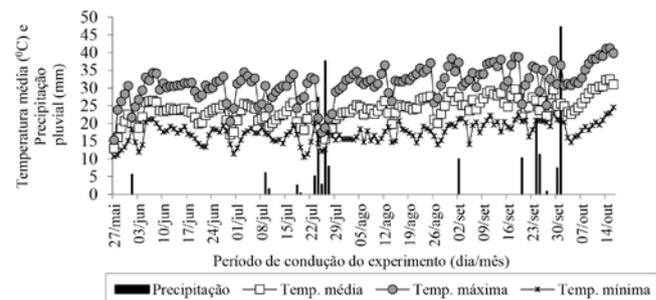


Gráfico 1. Precipitação pluvial, temperaturas média, máxima e mínima e umidade relativa do ar (UR) registradas durante a condução do experimento na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista

Graphic 1. Rainfall, temperature and average relative humidity recorded during the conduct of experiment in Farm of teaching, Research and Extension of the São Paulo State University

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 5 x 4, sendo: 5 fontes de N (P1 = polímero orgânico com 30% de ureia dissolvida em água e 6,86% de N, P2 = polímero orgânico com e 70% ureia dissolvida em água e 19,35% de N, P3 = polímero orgânico com 30% de ureia dissolvida e 9,65% de N, P4 = polímero orgânico com 70% de ureia dissolvida e 11,00% de N e U = ureia com 45% de N), 4 doses de N e controle (ausência de N, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) aplicadas cinco dias após a emergência das plântulas à 20 cm da linha de semeadura do milho. As parcelas experimentais apresentavam seis linhas e comprimento de 5,0 m cada. Foram consideradas como área útil as quatro linhas centrais por parcela, excluindo-se 0,5 m de cada extremidade como bordadura.

A elaboração dos polímeros orgânicos foi baseada em Souza et al. (2016), que observaram maior eficiência do polímero orgânico com ureia dissolvida (C1) em relação à ureia convencional quando aplicado em superfície no solo, propiciando maior matéria seca de planta de milho. Após elaboração dos polímeros orgânicos à base de látex, estes foram cortados e padronizados com cerca de 2 mm de espessura e 0,50 cm².

Os atributos químicos do solo na camada arável (0-20 cm) determinados antes da instalação do experimento de milho, segundo Raij et al. (2001) foram: 10 mg dm⁻³ de P (resina); 5 mg dm⁻³ de S-SO₄; 22 g dm⁻³ de M.O.; 5,3 de pH (CaCl₂); K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H + Al = 2,4; 21,0; 18,0 e 28,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente; Cu, Fe, Mn, Zn (DTPA) = 3,2; 22,0; 24,2 e 1,2 mg dm⁻³, respectivamente; 0,16 mg dm⁻³ de B (água quente) e 60% de saturação por bases.

A condução do experimento foi realizada em semeadura direta, em área cultivada por culturas anuais (milho, trigo e soja) há mais de 27 anos, sendo os últimos 8 anos em sistema plantio direto, com o último ano em pousio.

Após 15 dias da dessecação da área com glifosato (1500 g ha⁻¹), foi realizada mecanicamente a semeadura do híbrido de milho DKB 350 PRO, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e utilizando-se 3,3 sementes por metro, no dia 27 de maio de 2014. Após semeadura, a área foi irrigada por aspersão, por meio de pivô central, com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm para promover a germinação das sementes. As plântulas emergiram cinco dias após a semeadura.

Na adubação de semeadura foram fornecidos 112 kg ha⁻¹ P₂O₅ (Superfosfato triplo) e 64 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl) para todos os tratamentos, baseado na análise do solo e na produtividade esperada da cultura conforme Cantarella et al. (1997).

A adubação nitrogenada (aplicação dos tratamentos) foi realizada cinco dias após a emergência das primeiras plântulas, 10 dias após a semeadura. A irrigação foi realizada por meio de pivô central, com lâmina média de 14 mm, de modo igual para todos os tratamentos com turno de rega de dois dias, conforme a necessidade da cultura. Após 132 dias (16 de outubro de 2014) da emergência das plântulas, se fez a colheita das espigas de milho.

Foram realizadas as seguintes avaliações: a) concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foliar determinados conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), coletando-se o terço médio de 20 folhas da inserção da espiga principal na área útil de cada parcela, no florescimento feminino das plantas de milho, segundo a metodologia descrita em Cantarella et al. (1997). Durante a coleta da folha diagnose para análise de teores de nutrientes (74 dias após a aplicação dos polímeros no experimento), foi constatado que ainda havia polímeros na área experimental, por isso, foram coletadas amostras dos polímeros para a determinação do teor de N residual dos mesmos, com o intuito a) de se estimar a quantidade de N que foi liberada durante este determinado período; b) índice de clorofila foliar, no estágio de florescimento da cultura, sendo determinada indiretamente por meio de leituras com clorofilômetro portátil na folha abaixo da espiga principal (no terço média desta folha de milho); c) altura de inserção de espiga na maturação da planta de milho; d) altura de plantas na maturação, definida como sendo a distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão; e) diâmetro basal do colmo, medido no segundo internódio com auxílio de um paquímetro no período da maturação floral, avaliando-se 10 plantas por parcela.

Foram coletadas 10 espigas de milho representativas na ocasião da colheita para contagem do: f) número de fileiras por espiga, g) número de grãos por fileira de espiga, h) número de grãos por espiga, i) diâmetro, j) comprimento de espiga, k) massa de 100 grãos, determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida), l) produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas nas quatro linhas úteis de cada parcela. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ a 13% (base úmida), m) eficiência agrônômica dos tratamentos, cujo cálculo é o seguinte:

$$\frac{\text{(Produção de grãos com fertilizante - Produção de grãos sem fertilizante)}}{\text{Quantidade de N aplicada}}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F), as médias das fontes de N foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e os efeitos das doses de N foram ajustados a equações de regressão utilizando o programa computacional SISVAR.

3 Resultados e Discussão

O índice de clorofila foliar (ICF) e as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe e Mn foliares não diferiram quanto às fontes de N, entretanto, para a concentração de Zn foliar, o polímero P2 apresentou maior concentração do nutriente comparativamente ao polímero P3, não distinguindo dos polímeros P1 e P4 e da ureia convencional (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de clorofila foliar (ICF) e concentrações foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de milho outonal adubados por fontes e doses de N. Selvíria – MS, 2014**Table 1.** Leaf chlorophyll index (LCI) and foliar concentration of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) of autumnal corn fertilized with N sources and doses. Selvíria – MS, 2014

Tratamentos	ICF	N	P	K	Ca	Mg	S
	------(g kg ⁻¹)-----						
Fontes de N							
P1 ⁽⁶⁾	47,50 a	27,59 a	3,01 a	17,25 a	3,72 a	2,56 a	1,92 a
P2	49,65 a	29,66 a	3,00 a	16,25 a	3,67 a	2,55 a	1,96 a
P3	44,32 a	25,35 a	2,95 a	17,75 a	3,75 a	2,60 a	1,87 a
P4	48,27 a	27,90 a	3,02 a	17,50 a	4,11 a	2,72 a	1,96 a
Ureia	46,39 a	27,30 a	2,92 a	17,75 a	3,69 a	2,56 a	1,89 a
DMS	8,07	4,44	0,36	2,24	0,71	0,41	0,39
Doses de N (kg ha ⁻¹)							
0	38,91 ⁽¹⁾	24,20 ⁽²⁾	3,10	16,00 ⁽³⁾	3,85	2,75	2,00
60	48,02	28,36	3,03	18,40	3,56	2,49	1,95
120	49,62	26,16	2,78	17,20	3,89	2,41	1,88
180	52,37	29,92	3,02	17,60	3,86	2,75	1,86
Média Geral	47,23	27,16	2,98	17,30	3,79	2,60	1,92
C.V. (%)	11,36	10,88	8,03	8,59	12,55	10,39	13,68
Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn			
	------(mg kg ⁻¹)-----						
Fontes de N							
P1 ⁽⁶⁾	16,62 a	198,50 a	44,50 a	17,75 ab			
P2	14,12 a	203,62 a	47,00 a	19,50 a			
P3	12,87 a	207,75 a	46,25 a	17,25 b			
P4	19,62 a	208,87 a	49,25 a	18,12 ab			
Ureia	14,87 a	204,62 a	44,75 a	17,75 ab			
DMS	9,31	43,21	8,71	2,18			
Doses de N (kg ha ⁻¹)							
0	16,50	193,00	47,50	18,50			
60	15,10	208,70	47,50	16,80			
120	13,90	205,80	47,40	18,40			
180	17,00	211,20	43,00	18,60			
Média Geral	15,62	204,67	46,35	18,07			
C.V. (%)	39,63	14,04	12,50	8,01			

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. ⁽⁶⁾P1 = polímero a base de látex com 30% de ureia dissolvida em água, P2 = polímero a base de látex com 70% de ureia dissolvida em água, P3 = polímero a base de látex com 30% de ureia e P4 = polímero a base de látex com 70% de ureia.

$$1\hat{Y} = 40,9324 + 0,0699x \quad (R^2 = 86,41^{**})$$

$$2\hat{Y} = 24,9160 + 0,0249x \quad (R^2 = 59,46^{**})$$

$$3\hat{Y} = 16,2600 + 0,0310x - 0,0001x^2 \quad (R^2 = 54,93^{**} \text{ e } PM = 155 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N})$$

A liberação do N dos polímeros depende da temperatura e umidade do solo, que fará com que os polímeros se dissolvam com maior ou menor velocidade. Levando-se em consideração as condições climáticas no decorrer no experimento (Figura 1), com temperaturas variando de 10 °C a 36 °C, aliada a baixa pluviosidade e má distribuição das chuvas (a precipitação pluvial da semeadura até o florescimento foi de 95 mm, sendo que do dia 23 até dia 29 de julho choveu 81 mm), possivelmente ocorreu uma liberação lenta de N dos polímeros no solo até o florescimento do milho, enquanto a ureia disponibilizou rapidamente o N aplicado. Dessa forma minimizando os efeitos positivos da

utilização dos polímeros nas avaliações de concentração de nutrientes foliares e ICF.

As doses de N aplicadas influenciaram positivamente o ICF e as concentrações de N e K foliares (Tabela 1). Houve ajuste à função linear crescente para ICF e N, e ajuste à função quadrática para a concentração de K, até a dose de 155 kg ha⁻¹ de N, corroborando com os resultados obtidos por outros pesquisadores (Costa et al., 2012; Kappes et al., 2013). O N aplicado foi absorvido conforme verificado pelo aumento na concentração de N foliar e ICF e favoreceu a absorção de K, com aumento na concentração de K foliar. O N é o nutriente que mais interfere no desenvolvimento

e produtividade das culturas agrícolas, especialmente em gramíneas. Esse nutriente é encontrado em grandes quantidades em tecidos vegetais e grãos e é caracterizado como o nutriente mais absorvido pela cultura do milho. Portanto, a maior disponibilidade de N para as plantas possivelmente favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular, que explorando maior volume de solo beneficiou a absorção água e de K, uma vez que o N está relacionado com a síntese de proteínas, clorofila, coenzimas, fitohormônios, ácidos nucléicos e metabolismo secundário (Marschner, 2012).

Ressalta-se ainda que a relação entre a leitura do clorofilômetro e o teor de N na cultura do milho indicam que é provável que boa parte do N absorvido nessa fase foi utilizado, além da produção de outras estruturas na planta, para formação de clorofila. Ademais, a demanda total da planta em N é intensa no período do florescimento feminino, sendo esse o pico de exigência nutricional da cultura (Galindo et al., 2016). O aumento no teor de N foliar em função das doses aplicadas do nutriente demonstra a importância da nutrição com N na absorção de nutrientes, a qual pode ser explicada pela maior absorção de água e nutrientes, com reflexo no crescimento da parte aérea e raízes. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2012), Mar et al. (2003), Soratto et al. (2010) e Souza et al. (2011), que verificaram efeito positivo das doses de N na concentração de N foliar, até as doses de 150, 120, 170 e 200 kg ha⁻¹ de N respectivamente.

De acordo com Cantarella et al. (1997), as concentrações adequadas de P, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn no tecido foliar estão nas faixas entre 2,0-4,0; 2,5-8,0; 1,5-5,0 e 1,5-3,0 g kg⁻¹ e 6-20; 30-250; 20-200 e 15-100 mg kg⁻¹ respectivamente. Neste caso, independente das fontes e doses de N testadas, as concentrações destes nutrientes nas folhas estavam

adequadas (Tabela 1), não comprometendo o desenvolvimento da cultura. Para as concentrações de N e K foliares, as concentrações adequadas destes nutrientes encontram-se na faixa entre 27-35 g kg⁻¹ e 17-35 g kg⁻¹ respectivamente, entretanto, de acordo com os resultados obtidos na Tabela 1, a concentração de N foliar estava abaixo dos níveis desejáveis para o polímero P3, e para a concentração de K foliar, apenas o polímero P2 e o controle (sem aplicação de N) ficaram abaixo da faixa de concentração considerada adequada para esses nutrientes (Cantarella et al., 1997).

Com relação às fontes de N, não houve diferença no número de fileiras de grãos, grãos por fileiras e por espiga, comprimento e diâmetro de espigas e altura de inserção da espiga principal. Para altura de plantas, a ureia propiciou maior valor desta variável comparando-se ao polímero P3, não diferindo dos polímeros P1, P2 e P4. Em relação ao diâmetro do colmo, o polímero P2 foi superior a polímero P3, não diferindo dos polímeros P1, P4 e da ureia convencional. Para a massa de 100 grãos, os polímeros P2 e P4 propiciaram maior valor de massa de grãos comparativamente ao polímero P3, não diferindo dos polímeros P1 e da ureia convencional (Tabela 2). Valderrama et al. (2011) avaliando a ureia convencional e ureia de eficiência aprimorada (ureia revestida), aplicadas no mesmo ciclo da cultura do milho, também não verificaram diferença para estas mesmas avaliações em condições de Cerrado de baixa altitude (altitude abaixo de 400 m em relação ao nível do mar). De maneira semelhante, Kappes et al. (2013) trabalhando em condições de Cerrado de baixa altitude com as fontes ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio também não constataram diferença entre a ureia convencional e a ureia de eficiência aprimorada na massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho.

Tabela 2. Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, altura de plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga principal, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho outonal adubados por fontes e doses de N. Selvíria – MS, 2014

Table 2. Number of rows per spike, number of grains per row, number of grains per spike, length of spike and diameter of spike, plant height, stalk diameter, main ear insertion height, 100 grain mass, and grain yield of autumnal corn fertilized with N sources and doses. Selvíria – MS, 2014

Tratamentos	Número de fileiras por espiga	Número de grãos por fileira	Número de grãos por espiga	Comprimento de espiga (cm)	Diâmetro de espiga (cm)
Fontes de N					
P1 ⁽ⁱ⁾	16,92 a	28,06 a	475,42 a	14,79 a	4,58 a
P2	17,52 a	30,02 a	530,76 a	14,97 a	4,75 a
P3	16,93 a	26,93 a	459,06 a	14,48 a	4,53 a
P4	17,46 a	27,75 a	486,05 a	14,50 a	4,59 a
Ureia	17,43 a	28,35 a	495,41 a	14,24 a	4,67 a
DMS	1,13	3,38	76,25	1,57	0,27
Doses de N (kg ha ⁻¹)					
0	17,53	27,13	478,87	13,65 ⁽¹⁾	4,67
60	16,89	27,95	473,93	14,22	4,52
120	17,36	28,92	504,28	15,08	4,69
180	17,26	28,90	500,27	15,43	4,62
Média Geral	17,26	28,22	489,34	14,60	4,62
C.V. (%)	6,59	12,03	15,64	10,80	5,97

(Continua)

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Diâmetro do colmo (cm)	Altura de inserção de espiga (m)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Fontes de N					
P1 ⁽ⁱ⁾	2,33 ab	2,42 ab	1,20 a	23,20 ab	5192
P2	2,31 ab	2,50 a	1,18 a	24,65 a	4876
P3	2,28 b	2,30 b	1,19 a	21,93 b	4646
P4	2,31 ab	2,38 ab	1,19 a	24,25 a	4831
Ureia	2,34 a	2,38 ab	1,20 a	23,55 ab	4607
DMS	0,06	0,16	0,05	2,31	1040
Doses de N (kg ha ⁻¹)					
0	2,30	2,41	1,17 ⁽²⁾	22,76 ⁽³⁾	3715
60	2,33	2,36	1,19	23,52	4837
120	2,30	2,42	1,18	23,67	5174
180	2,33	2,40	1,22	24,12	5595
Média Geral	2,32	2,40	1,19	23,52	4830
C.V. (%)	2,50	6,73	4,04	9,86	21,61

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. ⁽ⁱ⁾P1 = polímero a base de látex com 30% de ureia dissolvido em água, P2 = polímero a base de látex com 70% de ureia dissolvido em água, P3 = polímero a base de látex com 30% de ureia e P4 = polímero a base de látex com 70% de ureia.

$$1\hat{Y} = 13,6644 + 0,0103x \quad (R^2 = 97,73^{**})$$

$$2\hat{Y} = 1,1640 + 0,0004x \quad (R^2 = 58,18^{**})$$

$$3\hat{Y} = 21,8423 + 0,0882x - 0,0005x^2 \quad (R^2 = 68,64^{**} \text{ e } PM = 88,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de N})$$

No que se refere às doses de N, houve influência no comprimento das espigas, altura de inserção da espiga principal e massa de 100 grãos, com ajuste à função linear crescente para o comprimento de espigas e altura de inserção e ajuste quadrático até a dose aproximada de 88,2 kg ha⁻¹ de N para massa de 100 grãos (Tabela 2). Segundo trabalhos de Fernandes et al. (2005) e Silva et al. (2006), a aplicação de doses de N gera efeito positivo nos componentes produtivos e enchimento de grãos do milho, pois o N atua no crescimento vegetativo da planta, influenciando diretamente nos processos celulares como a expansão, a divisão e os processos fotossintéticos, promovendo-se o maior crescimento da altura de planta, altura de inserção da espiga e no diâmetro de colmo (Fornasieri Filho, 2007). A maior absorção de N, associado ao aumento no ICF e na concentração de K e Mg foliar em função do aumento das doses de N favoreceu a altura de inserção da espiga principal e refletiu em melhor desenvolvimento da espiga, com aumento no comprimento e no enchimento de grãos com aumento na massa de 100 grãos, corroborando com diversos estudos que apontam benefícios da adubação nitrogenada no desenvolvimento de culturas de cereais, por exemplo milho (Galindo et al., 2016), trigo (Galindo et al., 2017), arroz (Ahmed et al., 2016) e sorgo (Mateus et al., 2016).

Para as demais avaliações (número de fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga, diâmetro da espiga, altura de

plantas e diâmetro do colmo), as doses de N não influenciaram nos valores obtidos, corroborando com Valderrama et al. (2011), trabalhando com ureia e ureia revestida nas doses de 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura, constataram que tais avaliações não foram influenciadas. Resultados semelhantes também foram obtidos por Costa et al. (2012), trabalhando com as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N em cobertura não verificaram influência no diâmetro do colmo, entretanto, segundo os autores as doses de N influenciaram a altura de planta. Cruz et al. (2008), verificaram que doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N, não contribuíram para o aumento do diâmetro do colmo e altura de planta de milho.

A interação entre fontes e doses foi significativa na produtividade de grãos de milho (Tabela 3). As fontes de N utilizadas não diferiram em cada dose analisada, entretanto, houve aumento linear da produtividade com o incremento das doses de N para os polímeros P1, P3 e P4. Para o polímero P2, houve ajuste à função quadrática até aplicação de 107 kg ha⁻¹ de N, enquanto que para ureia não se verificou ajuste significativo (Gráfico 2). Tal resultado demonstra que seria interessante realizar estudos utilizando maiores doses de N com os polímeros P1, P3 e P4, uma vez que esses polímeros propiciaram aumento linear na produtividade de grãos de milho.

Tabela 3. Produtividade de grãos de milho, considerando a interação de fontes dentro de doses de N para o milho outonal. Selvíria – MS, 2014

Table 3. Corn grain yield considering N sources and N doses interaction for autumnal corn. Selvíria – MS, 2014

FONTES	P1	P2	P3	P4	Ureia
Doses de N (kg ha ⁻¹)					
0	3723 a				
60	4652 a	5127 a	5060 a	4305 a	5043 a
120	5835 a	5945 a	4169 a	5364 a	4558 a
180	6599 a	4708 a	5633 a	5932 a	5102 a

Médias seguidas de letra iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. ⁽ⁱ⁾ P1 = polímero a base de látex com 30% de ureia dissolvido em água, P2 = polímero a base de látex com 70% de ureia dissolvido em água, P3 = polímero a base de látex com 30% de ureia e P4 = polímero a base de látex com 70% de ureia.

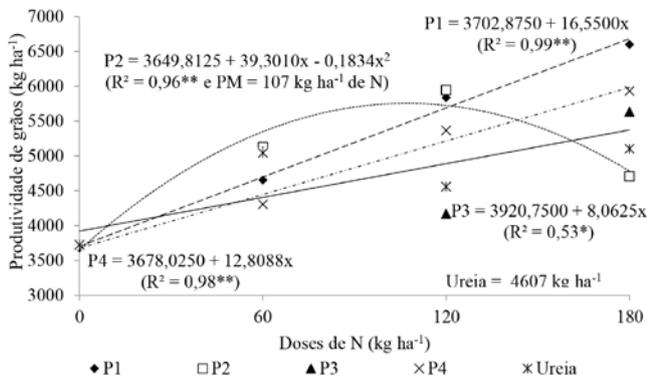


Gráfico 2. Produtividade de grãos de milho (kg/ha), considerando a interação de doses dentro de fontes de N para o milho outonal

Graphic 2. Corn grain yield (kg/ha), considering N doses and sources interaction for the autumnal corn

Resultados semelhantes foram obtidos por Mello et al. (2017), trabalhando com 4 doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e 4 formas de ureia (ureia convencional e ureias revestidas por 3 diferentes polímeros), que não verificaram diferença entre as fontes nitrogenadas, corroborando com Valderrama et al. (2011), que também não constataram diferença entre a ureia convencional e revestida por polímeros para produtividade de grãos de milho na safra de verão na região de Cerrado. Em contrapartida, Pereira et al. (2009), verificaram em Jataí - GO, região de Cerrado com altitude mais elevada, onde a temperatura noturna é menor quando comparada com a do presente estudo, que o revestimento da ureia e o inibidor da urease foram eficientes na redução da volatilização do N (em torno de 50%) da ureia aplicada em cobertura, o que refletiu em maiores produtividades de grãos. Silva et al. (2012), não encontraram diferenças na produtividade de milho quando compararam fontes de ureia revestida e convencional, aplicadas em cobertura, porém constataram acréscimo de produtividade em função do aumento da dose de N. Possivelmente, em seu experimento, não houve influência direta da volatilização da amônia, pois se a planta de milho responde ao aumento de doses de N, é provável que responderá de maneira positiva à adubação em cobertura com ureia protegida, em função dos benefícios do recobrimento retardando a atividade da enzima urease. Como consequência ela disponibilizará maiores quantidades de N quando comparada com a ureia convencional.

Segundo Rodrigues et al. (2014), estes fertilizantes de liberação lenta ou controlada dependem de água e da temperatura do solo (ótima igual a 21 °C) para a adequada liberação dos nutrientes às plantas. Portanto, é provável que o revestimento não tenha sido eficaz nas condições climáticas dessa pesquisa, por se tratar de condições de Cerrado de baixa altitude, onde predominam altas temperaturas (acima de 25 °C de temperatura média), alta atividade de microrganismos, baixa pluviosidade e má distribuição das chuvas.

Os melhores resultados de eficiência agrônômica foram obtidos para as doses de 60 kg ha⁻¹ de N, para os polímeros P2, P3 e a ureia convencional, no entanto, os polímeros P1 e P4 apresentaram maior eficiência agrônômica na dose de 120 kg ha⁻¹ de N (Gráfico 3). Tendo em vista que elevadas doses de N (acima de 120 kg ha⁻¹) são aplicadas e necessárias

para obtenção de altas produtividades de grãos de milho, os resultados obtidos elucidam a necessidade de novas pesquisas com polímeros, em função do potencial dessa tecnologia em propiciar maior eficiência de uso do N.

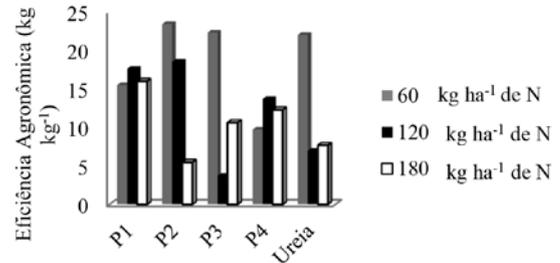


Gráfico 3. Eficiência agrônômica das fontes de N nas respectivas doses de N aplicadas na cultura do milho outonal

Graphic 3. Agronomic efficiency of N sources in respectively N doses in autumnal corn

Levando-se em consideração as maiores doses aplicadas (120 e 180 kg ha⁻¹ de N), o polímero P1 proporcionou as maiores eficiências agrônômicas, apesar do polímero P2 também ter propiciado elevada eficiência agrônômica na dose de 120 kg ha⁻¹ de N. Ou seja, neste sentido os polímeros orgânicos com adição de água ao látex propiciaram maior eficiência de uso do N se comparados aos polímeros sem adição de água (P3 e P4). Presumivelmente, a adição de água aumentou a solubilização de N, e aliada ao látex pode ter propiciado melhor disponibilização gradual do nutriente ao longo do ciclo da cultura do milho.

Os polímeros foram coletados para a avaliação do teor de N residual dos mesmos, em ocasião de florescimento com o intuito de estimar a quantidade de N que foi liberada durante este período. O polímero P1 apresentou teor de N de 2,2%, isto indica que, este polímero liberou 97,8% deste nutriente em 74 dias. O polímero P2 apresentou teor de N equivalente a 5,9%, de acordo com este resultado, ou seja, foram liberados para o solo o equivalente a 94,1% de N total do polímero. Com relação ao polímero P3, este liberou para o solo o correspondente a 95,1% de N total do polímero, e o polímero P4 liberou para o solo o correspondente a 94,7% de N total (Tabela 6).

Vale ressaltar que os polímeros que continham água em sua composição, ou seja, os polímeros P1 e P2 liberaram maiores quantidades de N para o solo em um mesmo período de tempo, além disso, estes dois polímeros foram os que resultaram nas produtividades de grãos mais elevadas numericamente (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de N residual dos polímeros orgânicos coletados na ocasião da coleta da folha do milho para diagnose nutricional. Selvíria - MS, 2014.

Table 4. Residual N content of the organic polymers collected at time of harvesting the corn leaf for nutritional diagnosis. Selvíria - MS, 2014.

Fontes	Teor de N (%)
P1 ^(a)	2,2
P2	5,9
P3	4,9
P4	5,3

^(a) P1 = polímero a base de látex com 30% de ureia dissolvido em água, P2 = polímero a base de látex com 70% de ureia dissolvido em água, P3 = polímero a base de látex com 30% de ureia e P4 = polímero a base de látex com 70% de ureia.

Sendo assim, ainda há necessidade de mais pesquisas para o desenvolvimento de novos polímeros para o revestimento da ureia que possam resistir às altas temperaturas, comuns nesta região do Cerrado de baixa altitude. Destaca-se que os resultados com a ureia revestida por polímeros podem variar conforme a época de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura e com as condições climáticas no período desta aplicação, e que, não apresentam efeito residual para culturas sucessoras, superiores à ureia.

4 Conclusões

As doses de N influenciaram positivamente a nutrição, desenvolvimento e produtividade de grãos de milho com aumento no ICF, concentrações de N e K foliar, altura de inserção de espiga, comprimento de espiga e massa de 100 grãos de milho, independentemente da fonte de N.

Os polímeros orgânicos à base de látex não influenciaram positivamente a nutrição, desenvolvimento e produtividade de grãos de milho comparativamente à ureia convencional. Entretanto, o uso desta tecnologia apresenta potencial de utilização na agricultura em função da maior eficiência agrônômica do polímero P1 e P2 nas doses de 120 e 180 kg ha⁻¹ de N, além da maior liberação de N para o solo até o estágio R1 do milho, elucidando a necessidade de novos estudos em condições climáticas adversas.

Referências

AHMED, S.; HUMPHREYS, E.; SALIM, M.; CHAUHAN, B.S. Growth, yield and nitrogen use efficiency of dry-seeded rice as influenced by nitrogen and seed rates in Bangladesh. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 186, p. 18-31, 2016.

AZEEM, B.; KUSHAARI, K.; MAN, Z.B.; BASIT, A.; THANH, T.H. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release*, Amsterdam, v. 181, p. 11-21, 2014.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. VAN; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1997, 285 p.

CHI, Y.; ZHANG, G.; XIANG, Y.; CAI, D.; WU, Z. Fabrication of reusable temperature-controlled-released fertilizer using a polyglycol-based magnetic nanocomposite. *Applied Clay Science*, New York, v. 161, p. 194-202, 2018.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*, Cambridge, v. 102, p. 207-322, 2009.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N. D.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. 2018. Acompanhamento de safra brasileiro: quinto levantamento – fevereiro/2018. Brasília: CONAB. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acesso: 05 nov. 2018.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. D. A.; PARIZ, C. M.; BUZZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n. 8, p.1038-1047, 2012.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. D. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. D.; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 1, p.62-68, 2008.

DUAN, Y.; XU, M.; GAO, S.; YANG, X.; HUANG, S.; LIU, H.; WANG, B. Nitrogen use efficiency in a wheat–corn cropping system from 15 years of manure and fertilizer applications. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 157, p. 47-56, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FERNANDES, F. C. S.; BUZZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Wheat yield in the Cerrado as affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 52, p. 794-805, 2017.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTE, J. L. M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 40, n. 1, p.1-18, 2016.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; BOLETA, E. H. M.; ROSA, P. A. L.; GASPARETO, R. N.; BIAGINI, A. L. C.; BARATELLA, E. B.; PEREIRA, I. T. Technical and economic viability of corn with *Azospirillum brasilense* associated with acidity correctives and nitrogen. *Journal of Agricultural Science*, Richmond Hill, v. 10, p. 213-227, 2018.

GALLOWAY, J.N.; TOWNSEND, A.R.; ERISMAN, J.W.; TOWNSEND, A.R.; ERISMAN, J.W.; BEKUNDA, M.; CAI, Z.; FRENEY, J.R.; MARTINELLI, L.A.; SEITZINGER, S.P.; SUTTON, M.A. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, Washington, v. 320, p. 889-892, 2008.

GENG, J.; MA, Q.; ZHANG, M.; LI C.; LIU, Z.; LYU, X.; ZHENG, W. Synchronized relationships between nitrogen release of controlled release nitrogen fertilizers and nitrogen requirements of cotton. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 184, p. 9-16, 2016.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 37, n. 5, p.1310-1321, 2013.

KE, J.; HE, R.; HOU, P.; DING, C.; DING, Y.; WANG, S.; LIU, Z.; TANG, S.; DING, C.; CHEN, L.; LI, G. Combined controlled-

- released nitrogen fertilizers and deep placement effects of N leaching, rice yield and N recovery in machine-transplanted rice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 265, p. 402-412, 2018.
- LADHA, J.K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C.K.; CASSMAN, K.G.; VERMA, S.; POWLSON, D.S.; VAN KESSEL, C.; RICHTER, D.B.; CHAKRABORTY, D.; PATHAK, H. Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Scientific reports*, London, v. 6, p. 19355, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.
- MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed. New York: Academic Press, 2012, 651 p.
- MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. *Agronomy Journal*, Madison, v. 108, p. 433-447, 2016.
- MELLO, T.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, L. M. Residual effects of nitrogen fertilizer with polymer-coated urea in a corn crop. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 30, n. 3, p. 586-594, 2017.
- NAZ, N. Y.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. *Journal of Controlled Release*, Amsterdam, v. 225, p. 109-120, 2016.
- PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1685-1694, 2009.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285 p.
- ROBERTSON, G. P.; GROFFMAN, P. Nitrogen transformations. In: PAUL, E. A. *Soil Microbiology, Biochemistry and Ecology*. New York: Springer, 2007. p. 341-364.
- RODRIGUES, M. A. C.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P.; ANDREOTTI, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 127-133, 2014.
- SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA, R. M. Q. Aplicação de deferentes fontes de uréia de liberação gradual na cultura do milho. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, p. 104-111, 2012.
- SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.
- SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 41, n. 4, p.511-518, 2010.
- SOUZA, F. H. Q.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; MALMONGE, L. F.; MALMONGE, J. A.; BUZETTI, S. Doses de nitrogênio e modos de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida na cultura do milho. *Cultura Agrônômica*, Ilha Solteira, v. 25, n. 4, p. 361-372, 2016.
- SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.
- TEIXEIRA, R. S.; SILVA, I. R.; SOUSA, R. N.; MATTIELLO, E. M.; SOARES, E. M. B. Organic acid coated-slow-release phosphorus fertilizers improve P availability and maize growth in a tropical soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Temuco, v. 16, n. 4, p. 1097-1112, 2016.
- VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.
- WANG, S.; ZHAO, X.; XING, G.; YANG, Y.; ZHANG, M.; CHEN, H. Improving grain yield and reducing N loss using polymer-coated urea in southeast China. *Agronomy for Sustainable Development*, Paris, v. 35, p. 1103-1115, 2015.
- XU, G.; FAN, X.; MILLER, A.J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 63, p. 153-182, 2012.
- ZHENG, W.; LIU, Z.; ZHANG, M.; SHI, Y.; ZHU, Q.; SUN, Y.; ZHOU, H.; LI, C.; YANG, Y.; GENG, J. Improving crop yields, nitrogen use efficiencies, and profits by using mixtures of coated controlled-released and uncoated urea in a wheat-maize system. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 205, n. 106-115, 2017.

Contribuição dos Autores: Ciro Corte Petean realizou os experimentos e a escrita científica; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho contribuiu com a orientação do aluno, na condução do experimento, revisão bibliográfica e escrita científica; Fernando Shintate Galindo contribuiu com a co-orientação do aluno, na condução do experimento, revisão bibliográfica e escrita científica; Salatiér Buzetti contribuiu com a escrita científica, revisão bibliográfica e com a revisão ortográfica e gramatical do trabalho; José Antônio Malmonge contribuiu com a elaboração dos polímeros orgânicos com ureia dissolvida; Luiz Francisco Malmonge contribuiu com a elaboração dos polímeros orgânicos com ureia dissolvida.

Fontes de Financiamento: Não houve fonte de financiamento.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.