

Análise econômica na cultura do milho segunda safra em resposta a doses e fontes de nitrogênio

André Luís Gimenes Afonso¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho^{1,2}, Christiano Lima Lobo de Andrade^{1,2}, Edson Cabral da Silva²

¹ Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

² Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: André Luís Gimenes Afonso, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: andreluisgtec@gmail.com

Recebido: Dezembro 07, 2022

Aceito: Dezembro 29, 2022

Publicado: Fevereiro 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i2.259

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i2.259>

Resumo

A adubação é uma das condições mais relevantes para aumentar a produtividade do milho, sendo o nitrogênio a cultura que absorve maiores quantidades de nutrientes. A maioria dos fertilizantes nitrogenados usados no Brasil são solúveis em água e liberam nitrogênio rapidamente, que pode ser absorvido pelas plantas e facilmente perdido. A ureia convencional é a fonte de nitrogênio mais utilizada devido à sua maior concentração de N₂ e menor custo, porém apresenta altas perdas por volatilização. O uso de fertilizantes de liberação controlada tem sido proposto para reduzir as perdas, sincronizar a liberação de nutrientes com a demanda da cultura e aumentar a eficiência de recuperação dos nutrientes aplicados ao solo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica do uso de diferentes doses e fontes de nitrogênio na cultura do milho safrinha. O ensaio foi conduzido na área experimental pela empresa Pulveriza Soluções Agrícolas, na cidade de Rio Verde – GO, Brasil. O milho foi semeado em 29/01/2022, utilizando uma semeadora de 5 linhas com sistema de distribuição de sementes por disco horizontal. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 + 1, com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. A produtividade de grão por hectare cresceu conforme o aumento das doses de nitrogênio aplicadas, independente da fonte.

Palavras-chave: ureia protegida, *Zea mays*, viabilidade econômica, ureia encapsulada.

Economic analysis of corn second crop in response to doses and sources of nitrogen

Abstract

Fertilization is one of the most relevant conditions to increase maize productivity, with the patient being the crop that absorbs the most nutrients from food. Most of the nitrogen fertilizers used in Brazil are water soluble and release quickly, which can be absorbed by plants and easily lost. Conventional urea is the most used source of water due to its higher concentration of high N₂ and lower cost, but it has losses due to volatilization. The use of controlled-release fertilizers has been proposed to reduce losses, synchronize nutrient release with crop demand and increase the recovery efficiency of nutrients applied to the soil. In this sense, the objective of this work was to evaluate the economic viability of using different doses and travel sources in the off-season corn crop. The test was treated in the experimental area by the company Pulveriza Soluções Agrícolas, in the city of Rio Verde – GO, Brazil. Corn was sown on 01/29/2022, using a 5-row seeder with a horizontal disc seed distribution system. The experimental design used was randomized blocks, analyzed in a 5 x 2 + 1 factorial scheme, with 4 replications, totaling 40 experimental plots. Grain productivity per hectare increased as the fuel doses applied increased, regardless of the source.

Keywords: protected urea, *Zea mays*, economic viability, encapsulated urea.

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) pertencente à família Poaceae, gênero *Zea* possui grande valor econômico mundial, pois os grãos produzidos, são utilizados na alimentação animal e/ou humana (Silva et al., 2009). Gramínea de ciclo anual, sendo cultivada tanto no verão como no inverno em diversas regiões do Brasil. Além disso, é de suma importância na cadeia produtiva de carnes. Cerca de 80% do milho produzido no Brasil é consumido na cadeia produtiva de aves e suínos na produção de rações (Garcia et al., 2008).

Essa cultura possui alta participação na economia e no agronegócio e como efeito deste consumo, a área plantada no Brasil vem crescendo a cada ano, contando com tecnologias presente tanto na agricultura na forma de máquinas e materiais, com isso alcançando bons resultados de produtividade (Scopel; Borsoi, 2017). Segundo a Conab, há previsão de uma produção total de 114,7 milhões de toneladas de milho para a safra 2021/2022, sendo 31,7% a mais comparado com a safra anterior (Conab, 2022). Porém, para uma boa produtividade, a cultura possui exigências, sendo a fertilidade e os nutrientes em formas disponíveis essenciais para uma produção favorável.

Vários fatores estão diretamente relacionados à baixa produtividade do milho brasileiro, dentre os quais podemos citar baixas densidades de plantio, plantio de culturas fora do período adequado, uso de cultivares não adaptadas à região e/ou plantio, a correção e a adubação do solo empírico (sem pré análise do solo), pluviosidade, temperaturas, e baixo uso de fertilizantes, principalmente nitrogênio em cobertura (Cruz et al., 2009; Pereira et al., 2018; Lopes et al., 2019; Bernini et al., 2020).

Em relação aos nutrientes, o nitrogênio (N_2) é o que se tem maior importância na cultura, sendo grande parte exportada para o grão (dreno), outros importantes nutrientes são, (P) fósforo, (K) potássio, (Ca) cálcio, (Mg) magnésio, (Zn) zinco e (S) enxofre (Coelho et al., 2012; Vitto et al., 2020). A adubação é uma das condições mais pertinentes para o aumento da produtividade do milho, sendo o N_2 o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura. Este nutriente está intimamente associado às plantas, tornando-se um dos mais importantes nas fases iniciais do cultivo. Dados da literatura mostram que aproximadamente 70% a 90% dos ensaios de adubação de milho conduzidos no Brasil em condições de campo mostraram uma resposta aumentada à aplicação de N_2 (Coelho, 2008; Batista et al., 2019; Vitto et al., 2020).

A maioria dos fertilizantes nitrogenados utilizados no Brasil são solúveis em água e liberam rapidamente N_2 (NO_3^- e NH_4^+) em uma forma que pode ser absorvida pelas plantas, que são facilmente perdidas. A ureia convencional é a fonte de N_2 mais utilizada por possuir maior concentração deste nutriente (cerca de 45%) e menor custo, porém, a ureia convencional apresenta altas perdas por volatilização (Scopel; Borsoi, 2017). Experimentos nos Estados Unidos mostraram que o uso de N_2 é mais eficiente quando se compara a ureia protegida com a ureia regular (principalmente em solos arenosos) (Cantarella, 2007).

Pesquisas realizadas comparando ureia comum e ureia revestida com polímeros mostram alguns resultados incertos, outros relatos apontam vantagem no uso de ureia revestida na cultura de cereais e outros apontam ineficiência no uso (Mackenzie et al., 2010). Breda et al. (2010), reconheceram uma maior eficiência na utilização de ureia revestida com polímeros, em relação à redução das perdas de NH_3 ocasionadas por volatilização. Devido a isso, houve um melhor aproveitamento deste nutriente pelas plantas, podendo gerar incremento de produtividade.

O uso de fertilizantes de liberação controlada tem sido proposto para reduzir perdas, sincronizar a liberação de nutrientes com as demandas das culturas e melhorar a eficiência de recuperação de nutrientes aplicados ao solo (Motavalli et al. 2008). A literatura mostra resultados inconsistentes, indicando que a aplicação dos nutrientes é satisfatória em alguns casos, mas não em outros, pois os resultados dependem de diversos fatores, como região, clima, solo, condições de aplicação e manejo de nutrientes e condições climáticas. Portanto, entender e aprimorar as fontes de N a serem aplicadas é de total importância visto que o N é muito volátil no solo, devido ao contato direto com uma enzima biológica uréase.

À vista disso, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica de uso de diferentes doses e fontes de nitrogênio na cultura do milho híbrido FS575PWU na safrinha em uma região do Estado de Goiás, Brasil.

2. Material e Métodos

2.1 Implantação do experimento e clima

O ensaio foi conduzido na área experimental pela empresa Pulveriza Soluções Agrícolas, na cidade de Rio Verde – GO, localizada na região sudoeste do estado, nas coordenadas geográficas 17°48'29.3"S e 50° 53' 57.9"W; com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928) e Alvares et al. (2013), como Aw (tropical), com chuva nos meses de Outubro a Maio e, com seca nos meses de

Junho a Setembro.

A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8 °C, concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5 °C, e os menores valores no mês de julho, com 20,8 °C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1430 e 1650 mm, concentrados de outubro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas e, o relevo é suave ondulado (6% de declividade). Durante o desenvolvimento da cultura do milho os dados climáticos locais foram monitorados e as médias diárias, sendo que, a precipitação ocorrida foi de: 10 mm (janeiro), 246,8 mm (fevereiro), 303 mm (março), 53,8 mm (abril), 1 mm (maio) e 0,2 mm (junho) = Total de 614,8 mm.

O milho foi semeado em 29/01/2022, utilizando uma semeadora de 5 linhas com sistema de distribuição de sementes por disco horizontal. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m com 3 plantas por metro linear, numa representatividade de 66.666 plantas por hectare. Foi utilizado o híbrido FS575PWU. O sistema de plantio utilizado foi o de plantio direto, tendo como cultura antecessora a cultura da soja na safra 2021/22.

Antes da instalação do experimento, foram efetuadas coletas de solo deformado, para a caracterização físico-química, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (Santos et al., 2018) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na área experimental na região sudoeste de Goiás, Brasil.

Prof	pH	M.O. g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	K ---	Ca mmolc.dm ⁻³	Mg ---	Al ---	H+Al	T	V
0-20	5,2	41	9	4,3	19	10	0	52	85,3	39
20-40	5,2	33	7	3,4	16	8	0	52	79,4	35

Prof	m -- % --	S mg.dm ⁻³	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila ---	Silte g.kg ⁻¹	Areia ---
0-20	0	-	0,23	3,3	31	4,8	0,5	366	166	468
20-40	0	-	0,28	3,6	31	3,5	0,4	420	432	148

Nota: P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Mehlich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente. T = Capacidade de troca catiônica; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; M.O. = Matéria orgânica. Fonte: Autores, 2022.

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 + 1, com 4 repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Os tratamentos consistiram em cinco doses de nitrogênio (N₂) (0, 30, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) e duas fontes de N₂ (Ureia e Ureia encapsulada) As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de 6 metros de comprimento (13,5 m²), totalizando uma área ocupada pelo experimento de 540 m² (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos sobre a análise experimental em uma área agricultável no sudoeste do Estado de Goiás, Brasil.

Tratamento	Dose (kg ha ⁻¹ de N ₂)	Dose (kg ha ⁻¹ da fonte)	Fonte
T1	0	0	Ureia (U)
T2	30	67	Ureia (U)
T3	60	133	Ureia (U)
T4	120	267	Ureia (U)
T5	180	400	Ureia (U)
T6	0	0	Ureia com Ureia encapsulada (UP)
T7	30	70	Ureia com Ureia encapsulada (UP)
T8	60	140	Ureia com Ureia encapsulada (UP)
T9	120	279	Ureia com Ureia encapsulada (UP)
T10	180	419	Ureia com Ureia encapsulada (UP)
T11	120	279	Ureia com Ureia encapsulada (UP)

Nota: Ureia: granulada, 45% de nitrogênio; Ureia encapsulada: Ureia revestida com ureia encapsulada, 43% de nitrogênio. Fonte: Autores, 2022.

2.3 Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos foram aplicados a lanço, aos 21 dias após a semeadura (19/02/2022), quando as plantas estavam no estágio fenológico de V4. A aplicação das Ureias ocorreu numa situação de solo em capacidade de campo, sendo que, 4 dias seguintes a aplicação, ainda ocorreu um acumulado de 10 mm de precipitação.

2.4 Manejo e condução da cultura

No momento do plantio foi efetuada a adubação de base com 233 kg ha⁻¹ de 04:14:08 = 9,3 kg N ha⁻¹ + 32,6 kg P₂O₅ ha⁻¹ + 18,6 kg K₂O ha⁻¹. Além disto, foi efetuada a lanço, logo após o plantio, a aplicação de 110 kg ha⁻¹ de MAP revestido com Ureia encapsulada (53,9 kg P₂O₅ ha⁻¹). Aos 14 dias após a semeadura, foi aplicado 70 kg ha⁻¹ a lanço de Cloreto de potássio. Os demais manejos nutricionais seguem na Tabela 3.

Tabela 3. Aplicações ao nível foliar de nutrientes na cultura do milho em área experimental na região sudoeste do Estado de Goiás, Brasil.

Aplicação	Época	Produto comercial e Dose
TS	V0	Stimullum – 3,0 mL kg ⁻¹ + Ureia encapsulada Seeds Titanium Verde – 3 mL kg ⁻¹
2 ^a	VE	Asgard Zitherium - 2,0 L ha ⁻¹
3 ^a	V1	Kelps Silicon Verde - 100 mL ha ⁻¹
4 ^a	V5	Kelps Silicon Verde – 50 mL ha ⁻¹
7 ^a	V6	Kelps Impact - 2,0 L ha ⁻¹
8 ^a	V8	Asgard Impact - 2 L ha ⁻¹ + Asgard Zitherium - 2 L ha ⁻¹ + Asgard Kupfer - 2 L ha ⁻¹
10 ^a	V11	Stimullum Sherife – 0,15 L ha ⁻¹ + Xiflon Boro Max – 1,5 L ha ⁻¹ + Asgard Kupfer - 2 L ha ⁻¹

Nota: TS = Tratamento de semente. Fonte: Autores, 2022.

Asgard Impact: 4% N, 3% S, 0,25% B, 3,0% Mn, 3,0% Zn, d = 1,28 g/mL; Asgard Kupfer: 1,0% N, 7,0% S, 13% Cu, d = 1,48 g/mL; Asgard Zitherium: 1,0% N, 9,8% B, d = 1,30 g/mL; Kelps Kick-Out: desalojante de praga; Kelps Silicon: adjuvante; Kelps Terpon: adjuvante; Ureia encapsulada Seeds Titanium Verde: aditivo para tratamento de sementes; Stimullum Sherife: 10% N, 0,05% B, d = 1,16 g/mL; Stimullum: 1,0% N, 2,0% Mo, 4,0% Zn, d = 1,20 g/mL; Xiflon Boro Max: 5,0% N, 3,3% B, 0,5% Mo, d = 1,17 g/mL.

Conforme a necessidade, foram efetuadas as aplicações de produtos fitossanitários com a utilização de um pulverizador costal elétrico, para o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças na cultura do milho (Tabela 4).

Tabela 4. Pulverizações de produtos fitossanitários na cultura do milho em área experimental no sudoeste do Estado de Goiás, Brasil.

Aplicação	Finalidade	Época	Produto comercial e Dose
TS			Standak®Top - 200 mL 100 kg ⁻¹
1ª	Herbicida/Inseticida	V0	Glifosato - 4 L ha ⁻¹ + Lactofen - 1 L ha ⁻¹ + Perito - 1 kg ha ⁻¹ + Kelps terphon - 250 ml 100 l ⁻¹
2ª	Inseticida	VE	Engeo Pleno - 250 m ha ⁻¹ + Belt - 150 mL ha ⁻¹ + Kelps Kick-Out - 50 g ha ⁻¹
3ª	Inseticida/Fungicida	V1	Galil - 300 mL ha ⁻¹ + Kelps Kick-Out - 50 g ha ⁻¹ + PrioriXtra - 300 mL ha ⁻¹
5ª	Inseticida/Fungicida	V5	Perito - 1 kg ha ⁻¹ + Kelps Kick-Out - 50 g ha ⁻¹ + ScoreFlex - 300 mL ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 0,10 L ha ⁻¹
6ª	Herbicida	V5	Glifosato - 2 kg ha ⁻¹ + Atrazina - 3 kg ha ⁻¹
7ª	Inseticida/Fungicida	V6	Galil - 300 mL ha ⁻¹ + Lannate - 600 mL ha ⁻¹ + Kelps Kick-Out - 50 g ha ⁻¹ + Vessarya - 600 mL ha ⁻¹
8ª	Inseticida/Fungicida	V9	Avatar - 400 ml ha ⁻¹ + Talisman - 700 mL ha ⁻¹ + Perito - 1000 g ha ⁻¹ + Kelps Kick-Out - 50 g ha ⁻¹ + Score Flex - 300 mL ha ⁻¹ + Nativo - 700 mL ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 1,0 L ha ⁻¹
9ª	Inseticida	V11	Galil - 700 mL ha ⁻¹ + Expedition - 500 mL ha ⁻¹ + Ampligo - 200 mL ha ⁻¹ + Kelps Kick-Out - 50 g ha ⁻¹ + Asgard Kupfer - 100 mL ha ⁻¹ + Asgard Zitherium - 100 mL ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 0,1 L ha ⁻¹

Nota: TS = Tratamento de semente. Fonte: Autores, 2022.

2.5 Análise econômica

Para a avaliação econômica dos tratamentos foram primeiramente levantados os preços dos fertilizantes utilizados nas parcelas na produção de milho segunda safra, na safra 2022. Os valores foram obtidos no mercado de Rio Verde – GO, em Junho de 2022. O custo operacional de cada tratamento foi definido como sendo o gasto com a fonte e a dose do fertilizante, obtido em reais por hectare (R\$/ha⁻¹).

Após estimar os custos de cada tratamento, foram calculados os indicadores de rentabilidade, conforme descritos em Martin et al. (1998) e Francischini et al. (2018): a) Receita bruta (RB): em R\$ ha⁻¹, é a receita obtida com a venda da produção, em R\$ ha⁻¹, resultado do produtório entre o volume de grãos colhidos (Y), em uma unidade produtiva, dado em sacas ha⁻¹, e o preço efetivamente recebido no mercado pelo grão (Pg), em reais por saca, dada pela seguinte expressão: $RB = Y * Pg$. O valor da saca de milho paga ao produtor na época da comercialização, no mercado de Rio Verde – GO, em junho de 2022, era de R\$ 67,00 saca ou R\$ 1,12 Kg (Conab, 2022); b) Margem bruta (MB): em R\$ ha⁻¹, é o resultado da diferença entre a RB e o custo do tratamento HA dada pela expressão: $MB = RB - C$; c) Índice de lucratividade (IL): em porcentagem, expressa a parte da receita que ficará disponível para futuros investimentos após o pagamento dos custos operacionais (Kaneko et al., 2016), obtido pela expressão: $IL = (MB / RBT) * 100$; d) Ponto de equilíbrio (Peq): em Kg ha⁻¹, é a relação entre o CT e o preço da saca de milho no momento da comercialização, determina quantas unidades produzidas são necessárias para pagar o CT, segundo a expressão: $Peq = CT/P$; e) Custo marginal (CMg): é a resposta obtida, resultado da relação entre a variação no custo (ΔC) e a variação no produto (ΔY) (Vasconcellos; Garcia, 2009). Em outras palavras, é o indicador que considera quanto se eleva o custo para se produzir uma unidade a mais do produto. A parcela que não contou com a aplicação de nitrogênio foi considerada como indicador para o cálculo do custo marginal (CMg). Calculada pela seguinte expressão: $CMg = \Delta C / \Delta Pg$.

Sendo assim, é viável e mais interessante do ponto de vista econômico o tratamento que apresentar maior MB e

IL, menor P_{eq} , pois com valores menores se compensa o gasto com os produtos, e quando $CM_g < P_g$, pois aumentos na produção elevam a receita e, quando $CM_g \geq P_g$ não se deve aumentar a produção pois se elevam os custos acima do preço do produto no mercado. Para os dados de análise econômica não será aplicado testes estatísticos.

3. Resultados e Discussão

Conforme Tabela 5, o número de espigas (NEP) por planta apresentou valor significativo apenas para doses de N_2 aplicadas. Em relação ao comprimento da espiga (CE), a diferença se deu apenas para o tratamento bloco, bem como o diâmetro da espiga (DE). O número de fileiras de grãos e número de grãos por fileira não diferenciaram em nenhum dos tratamentos em nosso estudo.

Corroborando com nossos resultados, Demari (2014) obteve resultados similares, em que as diferentes doses de N_2 analisadas em seu trabalho, não diferiram nas medias de massa da espiga e no comprimento da espiga. O autor explica que estas variáveis podem estar mais relacionadas com características genéticas do que com as condições do meio. Guareschi et al. (2013) também observaram que as diferentes doses de N_2 não influenciaram no comprimento e no diâmetro das espigas. Gott et al. (2014) concluiu que as diferentes doses de N_2 analisadas em seu experimento não afetaram significativamente o número de fileiras de grãos por espigas.

Tabela 5. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis número de espigas por planta (NEP), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras de grãos (NFG) e número de grãos por fileira (NGF) da cultura do milho, Rio Verde - GO, segunda safra 2022.

FV	GL	Quadrado médio				
		NEP	CE	DE	NFG	NGF
Dose	4	0,009400**	0,44 ^{ns}	2,53 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Fonte	1	0,000090 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,60 ^{ns}	5,72 ^{ns}
Dose*Fonte	4	0,003290 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,24 ^{ns}	7,31 ^{ns}
Bloco	3	0,005337 ^{ns}	6,60*	15,63**	0,27 ^{ns}	7,24 ^{ns}
Erro	27	0,002485	1,81	3,80	0,76	7,48
CV (%)		4,72	7,96	3,79	5,44	7,39

Nota: **, * = Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} = Não significativo. FV = Fonte de variação. GL = Grau de liberdade. CV = Coeficiente de variação. NEP = Número de espigas por planta; CE = Comprimento de espiga; DE = Diâmetro de espiga; NFG = Número de fileiras de grãos; NGF = Número de grãos por fileira. Fonte: Autores, 2022.

Também foram avaliados o número de grãos por planta, a massa de mil grãos, a massa de grãos por planta, a produtividade e a produção de sacas por hectare (Tabela 6). A massa de mil grãos é um dos índices de produtividade mais importantes de serem avaliados por se tratar de uma característica que pode estar relacionada diretamente com a cultura e sua produtividade e indiretamente com a qualidade final do produto.

É apresentado na tabela que a produtividade diferiu nas doses aplicadas. O mesmo comportamento pode ser observado para a produção de sacas por hectare. As demais variáveis não apresentaram diferença nos tratamentos analisados. Portugal et al. (2012) não constataram diferenças na produção de milho tratado com ureia e com N_2 de liberação lenta.

Tabela 6. Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis número de grãos por planta (NGPlanta), massa de mil grãos (MMG), massa de grãos por planta (MGPlanta), produtividade (PROD) e produção de sacas por hectare (SCHA) da cultura do milho, Rio Verde - GO, segunda safra 2022.

FV	GL	Quadrado médio				
		NGPlanta	MMG	MGPlanta	PROD	SCHA
Dose	4	1277,65 ^{ns}	0,000515 ^{ns}	0,000238 ^{ns}	8578981,21 ^{**}	2383,08 ^{**}
Fonte	1	60,63 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	2122583,11 ^{ns}	589,59 ^{ns}
Dose*Fonte	4	318,51 ^{ns}	0,000890 ^{ns}	0,000328 ^{ns}	812820,07 ^{ns}	225,82 ^{ns}
Bloco	3	3557,48 ^{ns}	0,000409 ^{ns}	0,000316 ^{ns}	672608,59 ^{ns}	196,85 ^{ns}
Erro	27	3245,24	0,000361	0,000268	1760560,27	489,00
CV (%)		9,60	8,44	11,58	12,66	12,66

Nota: **, * = Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} = Não significativo. FV = Fonte de variação. GL = Grau de liberdade. CV = Coeficiente de variação. NGPlanta = Número de grãos por planta; MMG = Massa de mil grãos; MGPlanta = Massa de grãos por planta; PROD = Produtividade de grãos por hectare; SCHA = Produtividade de sacas de 60 kg por hectare. Fonte: Autores, 2022.

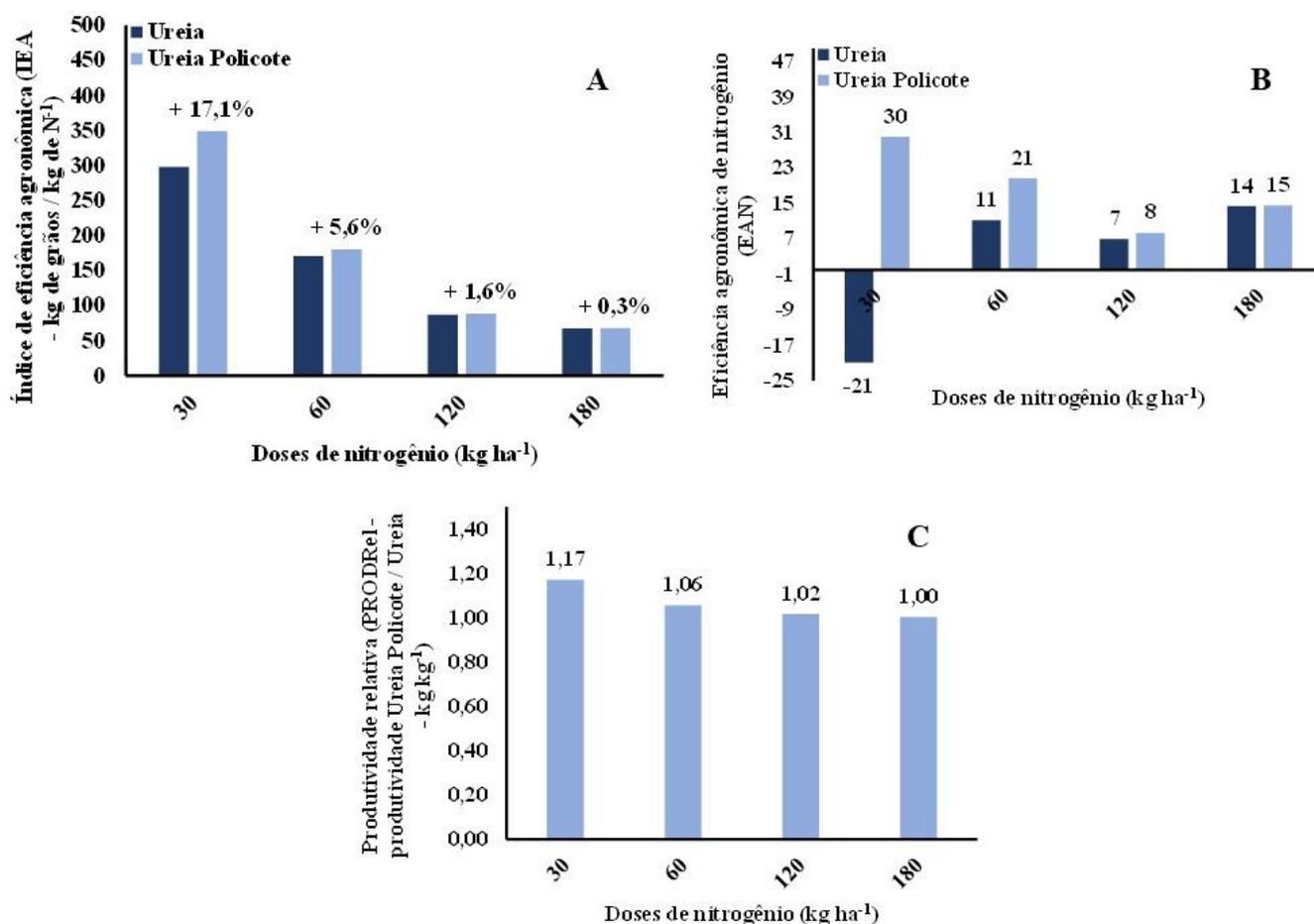


Figura 1. Índice de eficiência agrônômica (IEA – kg de grãos⁻¹/kg de N₂⁻¹) (9A), eficiência agrônômica de nitrogênio (EAN) (9B) e produtividade relativa (PRODRel - produtividade de Ureia encapsulada/Ureia – kg kg⁻¹) (9C) da cultura do milho, Rio Verde - GO, Brasil, segunda safra 2022. Fonte: Autores, 2022.

É possível observar, de acordo com a Tabela 7, que o custo da aplicação de ureia encapsulada é mais alto, porém o rendimento médio não é significativamente superior ao rendimento relacionado a aplicação da ureia convencional. Do ponto de vista econômico, é mais interessante o tratamento que apresentar maior MB e IL e menor Pe_q para que compense os gastos com produtos.

Tabela 7. Custos médios e rendimentos em cada tratamento, baseado nas doses e fontes de nitrogênio utilizadas na cultura do milho, Rio Verde - GO, Brasil, segunda safra 2022.

Tratamentos	Custos dos tratamentos		Rendimentos médios
Dose (kg ha ⁻¹)	Fonte	--- R\$ ha ⁻¹ ---	--- Kg ha ⁻¹ ---
0			9.560
30	Ureia	308,20	8.932
60	Ureia	611,80	10.231
120	Ureia	1.228,20	10.396
180	Ureia	1.840,00	12.144
30	Ureia + Ureia encapsulada	336,00	10.459
60	Ureia + Ureia encapsulada	672,00	10.800
120	Ureia + Ureia encapsulada	1.339,20	10.568
180	Ureia encapsulada	2.011,20	12.179
120	Ureia encapsulada	1.281,60	11.483

Fonte: Autores, 2022.

A Tabela 8 apresenta a análise econômica de cada tratamento. Nota-se que os custos de produção com ureia encapsulada são relativamente mais altos do que com a ureia convencional, porém o índice de lucratividade (IL) das doses de 60 a 180 kg ha⁻¹ de ureia convencional é mais alto do que o IL das mesmas doses de ureia encapsulada.

Tabela 8. Análise econômica de cada tratamento, baseado nas doses e fontes de nitrogênio utilizadas na cultura do milho, Rio Verde - GO, Brasil, segunda safra 2022.

Tratamentos		RB	MB	CM _g	IL	Pe _q	Rent
Dose (kg ha ⁻¹)	Fonte	----- R\$ ha ⁻¹ -----			%	Kg ha ⁻¹	
0		10.675,28	10.675,28	-	100,00	-	
30	Ureia	9.974,41	9.666,21	-0,49	96,91	276,00	-1.009,07
60	Ureia	11.424,10	10.812,30	0,91	94,64	547,88	137,02
120	Ureia	11.609,04	10.380,84	1,47	89,42	1099,88	-294,44
180	Ureia	13.560,26	11.720,26	0,71	86,43	1647,76	1.044,98
30	Ureia encapsulada	11.679,65	11.343,65	0,37	97,12	300,90	668,37
60	Ureia encapsulada	12.060,04	11.388,04	0,54	94,43	601,79	712,76
120	Ureia encapsulada	11.800,40	10.461,20	1,33	88,65	1199,28	-214,08
180	Ureia encapsulada	13.600,06	11.588,86	0,77	85,21	1801,07	913,58
120	Ureia encapsulada	12.823,24	11.541,64	0,67	90,01	1147,70	866,36

Nota: RB = Receita bruta (R\$ ha⁻¹). MB = Margem bruta (R\$ ha⁻¹). CM_g = Custo marginal. IL = Índice de lucratividade. Pe_q = Ponto de equilíbrio. Fonte: Autores, 2022.

A Tabela 9 mostra que a receita bruta da aplicação de ureia protegida foi mais alta, porém o IL foi muito parecido com o da ureia convencional, o que pode demonstrar a não viabilidade da utilização de ureia

encapsulada.

Tabela 9. Análise econômica por fonte de nitrogênio, com base nos valores de custo e rendimento médios, utilizadas na cultura do milho, Rio Verde - GO, Brasil, segunda safra 2022.

Fontes	RB	MB	CM _g	IL	Pe _q	Rent
	----- R\$ ha ⁻¹ -----			%	Kg ha ⁻¹	
-	10.675,28	10.675,28	-	100,00	-	-
Ureia	11.641,95	10.644,90	1,15	91,44	892,88	-30,38
Ureia encapsulada	12.285,57	11.195,97	0,76	91,13	975,76	520,69

Nota: RB = Receita bruta (R\$ ha⁻¹). MB = Margem bruta (R\$ ha⁻¹). CM_g = Custo marginal. IL = Índice de lucratividade. Pe_q = Ponto de equilíbrio. Fonte: Autores, 2022.

O número de espigas por planta foi significativo quando aplicado dose de 120kg/ha⁻¹. A produtividade e o número de sacas por hectare foram influenciados pela aplicação de N, independente da fonte utilizada no experimento. Comparando o uso da ureia convencional e da ureia com ureia encapsulada, é possível observar que a ureia revestida apresentou uma produtividade maior (7,7 sc/ha⁻¹).

Guareschi et al., (2013) avaliaram duas fontes de ureia (uma com revestimento em polímero e outra sem proteção) e de acordo com os dados obtidos, a utilização de 150 kg ha⁻¹ de N com ureia revestida por polímeros exibiu maior produtividade quando comparado com a ureia sem revestimento. Além disso, o comprimento da espiga e a massa de 1000 grãos de milho foram maiores quando aplicado ureia protegida. Raposo et al. (2013) também observaram maior produtividade na dose de 120 kg ha⁻¹ e analisando o efeito de tratamento, variações de 2 a 10% de incremento de produtividade no tratamento com ureia protegida foram observadas.

Foi identificado por Martins & colaboradores (2014) que a ureia protegida promoveu maior produtividade em comparação com a ureia não revestida. Esse resultado foi observado quando aplicada em superfície do solo em período seco (doses acima de 170 kg ha⁻¹). Porém, quando aplicado em solo em período chuvoso, a ureia revestida não diferiu da ureia convencional.

Nota-se que em todas as doses de N₂ utilizadas, a ureia encapsulada apresentou maior índice de eficiência agrônômica comparando-se com a ureia convencional. Além disso, a eficiência agrônômica de nitrogênio também foi maior nas doses aplicadas de ureia encapsulada.

Alguns estudos evidenciam a eficiência do uso de ureia protegida. Soratto & colaboradores (2012) perceberam um acréscimo de 9,6% na produtividade de milho safrinha com a utilização de ureia protegida. Avaliando eficiência agrônômica de fertilizantes recobertos no algodão, Rolim et al. (2012) constatou incremento de 36/Ha⁻¹ de algodão através da utilização de ureia revestida quando comparado com ureia convencional. Guareschi (2010) certificou que o uso de fertilizantes revestidos com polímeros influenciou em uma maior produção de massa seca e produtividade de grãos de soja. Miyazawa et al. (2012) notaram que a utilização de ureia revestida com ureia encapsulada aumentou a eficiência agrônômica em 17,5% e 73,8% na produção de matéria seca de parte aérea e de raízes, respectivamente.

4. Conclusões

O aumento da quantidade de nitrogênio aplicado a lanço promove aumento na produtividade de grãos por hectare. A dose de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio, independente da fonte, proporciona a maior produtividade de grãos da cultura do milho, cultivado em segunda safra, no Estado de Goiás, Brasil.

O uso de ureia protegida proporciona crescimento na produtividade de grãos da cultura do milho (+7,7 sc ha⁻¹), cultivado em segunda safra, no estado de Goiás. Além disso, o uso da ureia revestida aumentou a eficiência agrônômica de utilização do nitrogênio, quando comparada à ureia convencional. Entretanto, o índice de lucratividade de ureia protegida não foi superior ao da ureia convencional. Economicamente falando, a ureia proporcionou maior retorno econômico em relação à ureia revestida. Portanto, levando em consideração os demais resultados, não é economicamente viável a aplicação de ureia protegida, visto que a ureia convencional apresenta o mesmo resultado e possui custo mais baixo.

5. Agradecimentos

Ao Centro Universitário do Sudoeste Goiano, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil; ao Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil; ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal Goiano, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil.

6. Contribuições dos autores

André Luís Gimenes Afonso: desenvolvimento experimental, análises de campo e laboratorial, escrita do artigo, correções gramaticais e científicas, correções pós-avaliação. *Fernando Rodrigues Cabral Filho*: análises de campo e laboratorial, correções gramaticais e científicas, orientação, angariação de fundos e análise estatística. *Christiano Lima Lobo de Andrade*: coorientador do estudo, supervisão sobre as análises de campo e laboratorial, correção científica e análise estatística. *Edson Cabral da Silva*: supervisão de análises de campo e laboratorial, supervisão na escrita científica e análise estatística.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética

Não aplicável.

9. Referências

- Batista, V. V., Giaretta, R., Link, L., Giacomel, C. L., & Adami, P. F. (2019). Densidades de plantas e níveis de nitrogênio no desempenho de híbridos de milho em safrinha. *Nativa*, 7(2), 117-125. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i2.6681>
- Bernini, C. S., Santos, F. A. S., Silva, D. S., & Figueiredo, Z. N. (2020). Seleção fenotípica de milho para ambientes de baixa altitude e déficit hídrico. *Nativa*, 8(2), 172-177. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i2.9265>
- Breda, F. A. F., Werneck, C. G., Altoe, A., Lima, E. S. A., Polidoro, J. C., Zonta, E., & Lima, E. (2010). Perdas por volatilização de N-Ureia revestida com polímero. *In: Fertbio*, 13 a 17 de Setembro, 2010. Anais... Guarapari: Sbsc, 1-6 p.
- Cantarella, H., & Marcelino, R. (2007). Uso de inibidor de uréase para aumentar a eficiência da ureia. *In: Simpósio sobre informações recentes para otimização da produção agrícola*, 2007, Piracicaba. Anais. Piracicaba: IAC, 19 p.
- Coelho, A. M., Franca, G. E., Pitta, G. V. E., Alves, V. M. C., & Hernani, L. C. (2012). Fertilidade dos solos: nutrição e adubação do milho. *In: Cruz, J. C. Cultivo Do Milho (Sistema De Produção*, 1). 8 Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho E Sorgo, 2012.
- Coelho, A. M. (2008). Nutrição e adubação do milho. *In: Cruz, J. C., Karam, D., Monteiro, M. A. R., & Magalhães, P. C. (Eds). Embrapa milho e sorgo. A cultura do milho. Sete Lagoas – Mg*, 3(6), 131-157.
- Conab. Companhia nacional de abastecimento. (2021). Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 9º Levantamento - Safra 2020/2021. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 25 Jun. 2021.
- Companhia Nacional De Abastecimento (Conab) (2022). Acompanhamento da safra brasileira de grãos - 12º Levantamento - Safra 2021/2022. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 13 de set. 2022.
- Conab – Companhia Nacional De Abastecimento (2022). Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2021/22. Conab - Décimo Primeiro Levantamento Brasília, 9(11), 1-85.
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., Garcia, J. C., Gomes, P. H. A., Fernandes, J. S. C., & Albernaz, W. M. (2009). Avaliação de sistemas de produção de milho na região de Sete Lagoas, MG, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Demari, G. H. (2014). Fontes e Parcelamento Do Nitrogênio Na Cultura Do Milho. Universidade Federal De

- Santa Maria. Frederico Westphalen. Disponível em http://Coral.Ufsm.Br/Ppgaaa/Images/Gustavo_Henrique_Demari.Pdf. Acesso em 27 Abr. 2021.
- Francischini, R.; Silva, A. G.; Tessmann, D. J. (2018). Eficiência de bioestimulantes e fungicida nos caracteres agrônômicos e econômicos na cultura do milho verde. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(2), 274-286. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n2p274-286>
- Garcia, J. C., Mattoso, N. J., Duarte, J. O., Cruz, J. C., & Padrão G. A. (2008). Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. *In: A cultura do milho*. Cruz, J. C. et al., 1 Ed. Sete Lagoas-Ms. Embrapa Milho e Sorgo, 517 p.
- Gott, R. M., Sichoeki, D., Aquino, L. A., Xavier, F. P., Santos, L. P. D., & Aquino, R. F. B. A. (2014). Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 13(1), 24-34. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p24-34>
- Guareschi, R. F., Perin, A., & Gazolla, P. R. (2013). produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. *Global Science And Technology*, 6(2), 31-37.
- Guareschi, R. F. (2010). Emprego de fertilizantes revestidos por polímeros nas culturas da soja e milho. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias, Rio Verde, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil, 44 p.
- Ibge (2021). Produção Agrícola Municipal 2020. Rio De Janeiro, IBGE.
- Kaneko, F. H., Sabundjian, M. T., Arf, O., Leal, A. J. F., Carneiro, L. F., & Paulino, H. B. (2016). Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em cobertura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 15(2), 202-216. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p23-37>
- Lima, J. C., Nascimento, M. N., Jesus, R. S., Silva, A. L., Santos, A. R., & Oliveira, U. C. (2020). Crescimento inicial e diagnose nutricional de plantas de milho cultivadas com omissão de macronutrientes em Argilossolo. *Nativa*, 8(4), 567-571. <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i4.9033>
- Lopes, J. R. F., Dantas, M. P., & Ferreira, F. E. P. (2019). Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. *Nativa*, 7(1), 77-83. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6243>
- Lôbo, L. M., Ferreira, E. M., Muniz, C. O., Ferreira, C. A. S., & Brasil, E. P. F. (2019). Humic substances and phosphorous sources in maize crops. *Nativa*, 7(4), 371-375. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6130>
- Mackenzie, R. H., Middleton, A. A. B., Pfiffner, P. G., & Bremer, E. (2010). Evaluation of polymer-coated urea and urease inhibitor for winter wheat in Southern Alberta. *Agronomy Journal*, 102(4), 1210-1216. <https://doi.org/10.2134/agronj2009.0194>
- Martin, N. B., Serra, R., Antunes, J. F. G., Oliveira, M. D. M., & Okawa, H. (1998). Custos: sistemas de custo de produção agrícola. *Informações Econômicas*, 24(9), 97-122. <http://www.iesa.gov.br/ftp/iea/tec1-0994.pdf>
- Martins I. S., Cazetta J. O., & Fukuda A. J. F. (2014). Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(3), 271-279. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000300010>
- Mechi, I. A., Santos, A. F., Ribeiro, L. M., & Ceccon, G. (2018). Infestação de plantas daninhas de difícil controle em função de anos de consórcio milho-braquiária. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(3), 49-54. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i3.1642>
- Miyazawa, M., Costa, A., Junior, R. A. R., Tiski, I., & Hoshino, R. K. C. (2015). Eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados modificados. *In: XXXV Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo*.
- Miyazawa, M., Costa, A., Reis, R. A., Tiski, I., & Pereira, L. R. (2012). Eficiência da adubação nitrogenada com ureia revestida por polímero na cultura do milho. *In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia*.
- Miyazawa, M., & Tiski, I. (2011). Teores de N-NH₄⁺ no solo em função de fontes nitrogenadas: ureia e ureia revestida por policote. *In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia. Anais... Uberlândia: SBCS, CD-ROM*.
- Motavalli, P. P., Goynes, K. W., & Udawatta, R. (2008). Environmental impacts of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers. *Crop Management*, 7(1), 1-15. <https://doi.org/10.1094/CM-2008-0730-02-RV>
- Mortate, R. K., Nascimento, E. F., Gonçalves, E. G. S., & Lima, M. W. P. (2018). Resposta do milho (*Zea mays*

- L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 1-6. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2202>
- Pereira, C. S., Geise, E., Fiorini, I. V. A., & Lange, A. (2018). Épocas de semeadura de milho na região norte de mato grosso. *Nativa*, 6(3), 241-245. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v6i3.5471>
- Portugal, A. V. (2012). Fontes de nitrogênio no cultivo de milho em sistema plantio direto: Avaliação econômica e produtividade. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária), Unifenas, Alfenas, Minas Gerais, Brasil, 66 p.
- Portugal, J. R., Arf, O., Peres, A. R., Gitti, D. D. C., & Garcia, N. F. S. (2017). Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum Brasilense* em milho no Cerrado. *Revista Ciência Agronômica*, 48(4), 639-649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>
- Raposo, T. P., Souza, J. R., Ribeiro, B. N., Rolim, M. V., & Castro, G. S. A. (2013). Eficiência da ureia revestida com polímeros, na produtividade de milho safrinha. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha. Embrapa Agropecuária Oeste, Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil, 1-6 p.
- Rolim, M. V., Souza, J. R., Castro, G. S. A., Ribeiro, B. N., & Kaneko, F. H. (2012). Eficiência agrônômica da ureia revestida com polímeros em cobertura na cultura do algodão (*Gossypium Hirsutum* L.). In: Fertilizantes, 2012, Anais..., Maceió, Alagoas, Brasil.
- Scopel, R., & Borsoi, A. (2017). Tecnologia de aplicação de nitrogênio no milho segunda safra. *Revista Cultivando o Saber*, Edição Especial. <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/824>
- Silva, A. A., Silva, T. S., Vasconcelos, A. C. P., & Lana, R. M. Q. (2012). aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. *Bioscience Journal*, 28(1), 104-111. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242/8354>
- Silva, G. J., Guimarães, C. T., Parentoni, S. N., Rabel, M., Lana, U. G. P., & Paiva, E. (2009). Produção de haplóides androgenéticos em milho. Embrapa Milho e Sorgo, 81, 17 p.
- Soratto, R. P., Costa, T. A. M., Fernandes, A. M., Pereira, M., & Maruyama, W. I. (2012). Parcelamento de fontes alternativas de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. *Científica*, 40(2), 179-188. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2012v40n2p179%20-%20188>
- Vasconcellos, M. A. S. & Garcia, M. E. (2009). Fundamentos De Economia. 3ª ed., São Paulo: Editora Saraiva, 245 p.
- Vitto, D. C., Guimarães, V. F., Oliveira, P. S. R., Cecatto Júnior, R., Silva, A. S. L., & Hoscheid, A. R. S. (2022). Produção e produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* fertilizado com cama de frango. *Nativa*, 10(4), 477-485. <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i4.13141>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).