

# Manejo de fertilizantes nitrogenados no cultivo de milho verão

*Nitrogen Fertilizer Management in Summer Maize Cultivation*

GUSTAVO DOMINGOS MOTA LIMA

Discente de Agronomia (UNIPAM)  
gdml017@unipam.edu.br

CARLOS HENRIQUE EITERER DE SOUZA

Professor orientador (UNIPAM)  
carloshenrique@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O milho é o grão mais produzido e consumido no mundo e suas características conferem alta demanda nutricional e respostas à adubação nitrogenada, qualitativa e quantitativamente. A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo, contudo apresenta perdas severas em ambiente tropical. Para mitigar esses problemas, tecnologias são desenvolvidas em fertilizantes nitrogenados. Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do manejo de fontes de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura no cultivo de milho verão. O experimento foi conduzido em Patos de Minas (MG), em Neossolo Regolítico Eutrófico, em sistema de plantio convencional, em DBC. Utilizou-se de fontes com base em ureia, sendo codificadas em UC, UT, UK, UEE, UEC, UN, USNP e Controle. Elas apresentaram diferenças em 16 das 19 características avaliadas, com destaque à produtividade de grãos, sendo a fonte convencional semelhante àquelas com tecnologia, exceto UT, que junto ao Controle foram inferiores. Fontes sólidas apresentaram melhor desempenho, em geral, devido à menor suscetibilidade à lixiviação e ao escoamento superficial, diante do volume expressivo de chuvas após a aplicação nitrogenada em cobertura.

**Palavras-chaves:** produtividade; eficiência; tecnologias de revestimento; ureia; plantio convencional.

**Abstract:** Maize is the most produced and consumed grain worldwide, and its agronomic characteristics result in high nutritional demand and strong qualitative and quantitative responses to nitrogen fertilization. Urea is the most widely used nitrogen fertilizer in the world; however, it exhibits severe losses under tropical conditions. To mitigate these issues, new technologies have been incorporated into nitrogen fertilizers. In this context, this study aimed to evaluate the effect of managing different nitrogen fertilizer sources applied as topdressing in summer maize cultivation. The experiment was carried out in Patos de Minas (MG), Brazil, on an Eutrophic Regolith Neosol under a conventional tillage system, using a randomized block design (RBD). The evaluated nitrogen sources were based on urea and coded as UC, UT, UK, UEE, UEC, UN, USNP, and Control. Significant differences were observed for 16 out of the 19 analyzed traits, with grain yield standing out. The conventional urea source showed performance similar to that of the enhanced-efficiency fertilizers, except for UT, which, along with the Control, resulted in lower yields. Overall, granular sources exhibited superior performance due to their lower susceptibility to leaching and runoff, especially considering the substantial rainfall that occurred after the topdressing nitrogen application.

**Keywords:** productivity; efficiency; coating technologies; urea; conventional tillage.

---

## 1 INTRODUÇÃO

O milho, *Zea mays* L., figura, na última década, como o grão mais produzido no mundo, com média de 1,13 bilhão de Mg ano<sup>-1</sup> (USDA, 2025). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com avanço de 800 mil hectares em área para a safra 2024/2025, com 10% da produção mundial do grão, atrás dos EUA e da China (MAPA, 2024). Nessa perspectiva, o milho é a segunda cultura anual mais plantada no Brasil, em área de cerca de 21 milhões de hectares (CONAB, 2025), dividido em três safras no país, com produtividade média de 6.223 kg ha<sup>-1</sup> e 137,6 milhões de Mg de produção total estimada para a safra 2024/2025. Desse modo, na primeira safra, estima-se a produção de 26,2 milhões de Mg, o que representa crescimento na produção de 19,9% do ano anterior (IBGE, 2025).

Diante desse cenário, a cultura necessita atingir níveis adequados de todos seus nutrientes em seus tecidos para maiores produtividades e maior qualidade do produto final, sendo adubação nitrogenada, população de plantas, material genético e clima os seus principais fatores (Costa *et al.*, 2005). O nitrogênio (N) está presente nas principais estruturas da planta, nos nucleotídeos, que formam os ácidos nucleicos, nos aminoácidos, que formam as proteínas, na molécula de clorofila, por isso é o nutriente mais exigido pelo milho (Taiz *et al.*, 2017). Nesse sentido, o N é responsável por aumentar significativamente a produtividade de grãos, qualidade e tamanho da espiga (Silva *et al.*, 2005; Valderrama *et al.*, 2014) e se caracteriza por onerar significativamente os custos de produção (Souza *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva, a cada 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de grãos produzidos em uma lavoura de milho, pode-se extrair do solo valores de 12,38 kg ha<sup>-1</sup> (Coelho *et al.*, 2008), 25,8 kg ha<sup>-1</sup> (Sangoi; Almeida, 1994) e 28 kg ha<sup>-1</sup> de N, proporcional à produtividade, com incrementos decrescentes, ao passo que a cultura exporta 60% (Cantarella, 2007) a 77% deste valor total (Coelho, 2007). Historicamente, os solos brasileiros não possuem fertilidade natural para o fornecimento total do teor de N necessário para alcançar produtividades elevadas, especialmente por sua maior fração estar na forma orgânica, cerca de 95% (Cantarella, 2007), fortemente intemperizada nos latossolos (Lopes; Guilherme, 2007), bem como pelo uso agrícola (Zonta *et al.*, 2021). Desse modo, passa a ser necessário o aporte de N por outros meios, especialmente por fertilizantes nitrogenados, como a ureia, produzida desde o início do século XX, pelo método Haber-Bosch (Ribeiro, 2013).

A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo e corresponde a 60% dos fertilizantes utilizados na agricultura brasileira devido ao seu relativo baixo custo por teor de N em sua composição, de 45 ou 46% (Zonta *et al.*, 2021). Contudo, a ureia (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) apresenta perdas expressivas de N por volatilização da amônia (NH<sub>3</sub>), entre outras formas, de modo que aplicada ao solo pode sofrer hidrólise, por ação da enzima urease, liberando N amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ao consumir prótons (H<sup>+</sup>), e em pH básico se transforma em NH<sub>3</sub>, fração gasosa do N amoniacal, acarretando perdas de 40 a 78% do N, aplicado em superfície (Cantarella, 2007).

Diante desse cenário, para diminuir perdas no uso da ureia, a utilização de tecnologias e práticas eficientes se tornou necessária. A incorporação da ureia é um método eficiente de diminuir perdas por volatilização, porém acrescenta custo e

dificuldades no manejo operacional e estimula germinação de plantas daninhas (Cantarella, 2007). Nessa perspectiva, fertilizantes de eficiência aumentada são alternativas e podem ser divididos, basicamente, entre aqueles com inibidores de enzimas de reações químico-biológicas e fertilizantes de liberação lenta ou controlada, com revestimento dos grânulos por substâncias orgânicas ou inorgânicas (Almeida, 2016), estabilizadores de N (Trenkel, 2010), e fluidos em geral (Cantarella, 2007). Além disso, estudos indicam tecnologias de liberação controlada mais interessantes e viáveis a nível de campo, diante dos cenários climatológicos e necessidades da cultura (Liu *et al.*, 2021). Assim, busca-se incessantemente fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, ao passo que se necessita de evoluir as técnicas para que se consiga fertilizantes mais eficientes (Almeida, 2016). Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito do manejo de fontes de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura no cultivo de milho verão.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em campo experimental, na Fazenda Gordura, no município de Patos de Minas, Minas Gerais, em Neossolo Regolítico Eutrófico, de textura média, em relevo ondulado (Santos *et al.*, 2018). O local apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 18°37'52"S 46°07'33"W, 824 m de altitude e terrenos de até 12% de declividade, fator que eleva preocupações e cuidados quanto à erosão, especialmente em falta de cobertura vegetal e curvas em nível (GOOGLE, 2025; IENSEN, 2006). O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é predominantemente tropical (Aw), caracterizado com verão com maior pluviosidade e temperatura em relação ao inverno (Kottek *et al.*, 2006). Segundo a última Normal Climatológica, de 1991 a 2020, durante os meses de novembro a março, a temperatura média no local varia de 22,5°C a 22,9°C, mínima de 18,0°C a 18,6°C e máxima de 28,6°C a 29,4°C, umidade relativa de 75% a 79,2% e precipitação acumulada de 1.168,7 mm nesse período (INMET, 2025).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, com sete tratamentos à base de ureia 45%, com dose estabelecida em 100 kg ha<sup>-1</sup>, e um tratamento controle, sem adição de N, no milho em estágio vegetativo V6. São compostos por UC, ureia convencional, sem revestimento e granulada; UT e UK, fertilizantes fluidos a partir do uso de ácidos húmicos, diferentes para cada um dos tratamentos, e dissolução de ureia convencional; UEE, UEC, UN, ureia granulada com tecnologias diferentes de revestimento; e USNP, ureia granulada com inibidor de urease. Uma vez que não são produtos comerciais, as ureias com tecnologia estão codificadas, ao passo que as diferentes concentrações e composições dos polímeros, entre outros detalhes, são segredos industriais para esses fertilizantes, o que impossibilita a divulgação desses dados (Tabela 1).

**Tabela 1:** Descrição dos tratamentos utilizados em cobertura em milho verão, contendo fonte codificada, dose equivalente de nitrogênio e composição, UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2025

Tratamentos	Dose N	Composição
T1 UC	100 kg ha <sup>-1</sup>	Ureia 45% N
T2 UT	100 kg ha <sup>-1</sup>	35% Dose Ureia + 10g Ácido Húmico
T3 UK	100 kg ha <sup>-1</sup>	35% Dose Ureia + 10g Ácido Húmico
T4 UEE	100 kg ha <sup>-1</sup>	Ureia + Tecnologia de Revestimento
T5 UEC	100 kg ha <sup>-1</sup>	Ureia + Tecnologia de Revestimento
T6 UN	100 kg ha <sup>-1</sup>	Ureia + Tecnologia de Revestimento
T7 USNP	100 kg ha <sup>-1</sup>	Ureia + Inibidor de Urease
T8 Controle	0 kg ha <sup>-1</sup>	0% N

Para implantação do experimento, foi realizada amostragem de solo em profundidade de 0 a 10 cm para análises químicas (Tabela 2) (Silva, 2009) e texturais (Tabela 3) (EMBRAPA, 2017). Essas foram realizadas após o plantio do milho, antes da implantação dos tratamentos em cobertura.

**Tabela 2:** Resultados da análise química do solo da Fazenda Gordura, CeFert, UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2025

	M.O.S.	P- Rem	P- Meh	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	K	V%
pH	dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----	cmolc dm <sup>-3</sup>	-----				mg dm <sup>-3</sup>	%
5,77	3,13	31,52	44,27	8,00	3,10	0,02	3,30	12,39	15,69	504,05	78,97

Extratores: pH em água, K e P-assimilável por Mehlich<sup>-1</sup>, P-remanescente, teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial (H+Al) por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia da Embrapa (Silva, 2009).

**Tabela 3:** Resultados da análise física do solo da Fazenda Gordura, CeFert, UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2025

Areia	Silte	Argila
----- %	-----	
59,3	12,45	28,25

Textura do solo: metodologia EMBRAPA, 2017.

O plantio foi realizado utilizando o híbrido de milho BX 3063 BTMAX®, de ciclo precoce, de modo convencional, com aração e gradagem, sem aplicação de pré-emergente ou dessecante, com população de 66.000 plantas ha<sup>-1</sup> e densidade de semeadura de 3,3 sementes m<sup>-1</sup>. Também se realizou a mesma adubação de plantio de 300 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante NPK 08-30-10 em todo o experimento, conforme Alvarez *et al.* (1999). As parcelas foram de cinco metros de comprimento, contendo seis linhas e espaçamento de 0,5 m entre elas.

Antes da aplicação dos tratamentos, conforme manejo do proprietário, foi realizado, em área total na lavoura, o plantio de 6 kg ha<sup>-1</sup> de BRS Zuri. Esse teve seu crescimento rapidamente controlado com aplicação dos herbicidas Ultimato SC® (2 L ha<sup>-1</sup>) e Calaris® (2 L ha<sup>-1</sup>), atrazina e atrazina + mesotriona, também utilizados para

controle de outras plantas daninhas, em que se realizou a aplicação de forma conjunta ao fungicida Nativo® (600 ml ha<sup>-1</sup>), tebuconazol + trifloxistrobina, para prevenção e controle de doenças fúngicas, dos inseticidas Afiado® (300 ml ha<sup>-1</sup>), acetamiprido + bifentrina, e Celtic® (250 g ha<sup>-1</sup>), *Beauveria bassiana* + *Isaria javanica*, visando controle de cigarrinha-do-milho, do fertilizante foliar Nufol Imperium® (1,2 L ha<sup>-1</sup>), para fornecimento complementar, especialmente, de micronutrientes, contendo 6% de enxofre, 5,5% de zinco, 5% de N, 3% de manganês, 2% de aminoácidos, 1,5% de magnésio, 0,4% de molibdênio e 0,4% de boro, além de óleo mineral e adjuvante.

A adubação de cobertura foi realizada no dia 22 de dezembro de 2024. Entre os dias 20 e 26 de dezembro, o INMET, na Estação de Sertãozinho, A562, Patos de Minas, registrou 88 mm e 22,6 °C de média, e na fazenda, com pluviômetro simples, registrou-se 100 mm de precipitação. Durante a aplicação, o solo estava úmido, com pouca incidência solar e não havia chuva, havendo no dia anterior 44,6 mm de precipitação das 4h às 13h e, posteriormente, chuva de apenas 0,8 mm ao fim do dia e 42 mm na soma dos dias 25 e 26, em dias considerados nublados. Ademais, ao longo de todo o ciclo da cultura, de 25 de novembro de 2024 a 15 de março de 2025, houve precipitação de 759 mm, segundo marcação local, e 1.107,2 mm na Estação de Sertãozinho, com temperatura média de 23,3 °C durante o período, segundo dados obtidos (INMET, 2025).

**Figura 1:** Precipitação e distribuição de chuvas no período entre 24/11/2024 e 24/02/2025, INMET, A562, Patos de Minas (MG), 2025



Fonte: INMET, 2025.

Foram avaliados os tratamentos e suas repetições nas parcelas quanto à altura de plantas, altura da inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, índice de clorofila foliar, teor de N foliar, massa fresca de plantas, número de fileiras, grãos por fileira e grãos na espiga, massa de mil grãos, teor de N total nos grãos, teor de proteína nos grãos, produtividade de grãos, extração de N, exportação de N, eficiência na extração do N, eficiência na exportação do N, eficiência agronômica e índice de eficiência agronômica, conforme metodologias.

No estágio reprodutivo R1, nas linhas três e quatro, foram coletados dados sobre altura de plantas, do nível do solo ao pendão, e altura de inserção da espiga de cinco plantas por parcela, com auxílio de uma trena, em m. Também foi mensurada a espessura do colmo, medindo em mm o diâmetro com auxílio de um paquímetro digital. Além disso, foi mensurado o teor de clorofila foliar, com o auxílio do equipamento de

índice Soil Plant Analysis Development (SPAD-502) (Zotarelli *et al.*, 2003; Barros *et al.*, 2017), no terço central da folha da base da espiga de cinco plantas por parcela, e coletadas amostras foliares, secadas em estufa de circulação em temperatura entre 60°C e 70°C, para determinação do N foliar, em laboratório, em g kg<sup>-1</sup> (Malavolta *et al.*, 1997; Van Raij, 2011; Valderrama *et al.*, 2014).

Depois, foram coletadas duas plantas, nas linhas dois e cinco, por parcela, em estádio reprodutivo R3, para mensurar massa fresca de planta inteira, com auxílio de balança digital de precisão de 0,01 kg. Ademais, as espigas coletadas foram levadas ao laboratório para contagem de números de fileiras, grãos por fileira e grãos por espiga.

Foram coletadas espigas, nas fileiras três e quatro, com espaçamento de um metro entre as parcelas, em plantas de estádio reprodutivo R6, em completa maturidade fisiológica, levadas ao laboratório para secagem, em estufa de circulação de ar a 65°C, para determinação de massa mil grãos, corrigidas para umidade de 13%, determinada em balança digital de precisão de 0,01 g. Também foram realizadas análises de N total nos grãos, seguindo a metodologia de Kjeldahl, e análise de dados para níveis proteicos, produtividade de grãos, determinada em razão da massa total de grãos por área útil da parcela, extração, em função da produtividade e teor médio de N extraído pela cultura, e exportação do nutriente, em função da produtividade e teor do nutriente nos grãos, em g kg<sup>-1</sup> (Coelho *et al.*, 2022; Farinelli; Lemos, 2010; Malavolta *et al.*, 1997; Coelho *et al.*, 2008). Também foram realizadas avaliações quanto à eficiência agrônômica, em caso de diferenças significativas entre as fontes testadas de fertilizantes nitrogenados para produtividade, conforme metodologia de Fageria; Baligar (2005) (Farinelli; Lemos, 2010):

$$EA = (PG_{cf} - PG_{sf}) / (QN_a)$$

Em que:

- EA – eficiência agrônômica, kg kg<sup>-1</sup>;
- PG<sub>cf</sub> – produtividade de grãos com fertilizante nitrogenado, kg ha<sup>-1</sup>;
- PG<sub>sf</sub> – produtividade de grãos sem fertilizante nitrogenado, kg ha<sup>-1</sup>;
- QN<sub>a</sub> – quantidade de N aplicado, kg.

Ademais, foram avaliados os tratamentos em índice de eficiência agrônômica (IEA), com metodologia que abrange o uso do fertilizante com tecnologia versus fertilizante convencional, adaptado de Oliveira *et al.* (1986):

$$IEA = (P_f - P_c) * 100 / (P_u - P_c)$$

Em que:

- IEA – índice de eficiência agrônômica, %;
- P<sub>f</sub> – produtividade de grãos da fonte x, kg ha<sup>-1</sup>;
- P<sub>c</sub> – produtividade de grãos do tratamento controle, kg ha<sup>-1</sup>;
- P<sub>u</sub> – produtividade de grãos da ureia convencional, kg ha<sup>-1</sup>;

Os resultados foram tabulados, e as médias submetidas à análise de variância e, se significativas as diferenças, comparadas pelo teste de Tukey, ajustado para 5% de significância, utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento do milho foi influenciado pela adubação nitrogenada em cobertura, com efeito positivo em relação a sua ausência. As diferentes fontes apresentaram mesma performance, enquanto o tratamento Controle foi inferior a todos, exceto a UT (Tabela 4). A adição de N de forma equilibrada no período vegetativo promove o crescimento da parte aérea, especialmente via regulação hormonal, sendo um dos principais fatores para essa característica no milho (Fagan *et al.*, 2022; Le; Zhang; Xu, 2020). Explica-se o tratamento UT semelhante ao tratamento Controle à precipitação, lixiviação e escoamento superficial sofridos pelo fertilizante líquido composto por N, nutriente este que, conforme descrito por Bramorski *et al.* (2015), possui propriedades de ser transportado por chuvas, especialmente em condições de maior precipitação após a adubação de cobertura, como em questão, sem incorporação e o solo preparado em plantio convencional, sem palhada expressiva. Nesta última condição, explica Cantarella (2007), perdas por volatilização são menores devido à menor atividade da enzima urease, levando fontes convencionais, UC, a apresentarem performance semelhante a fontes com revestimento e inibidores de urease, ao passo que solos de poder tampão mais elevados diminuem perdas de amônia por volatilização.

A altura de inserção da espiga não foi influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura, de modo aos tratamentos serem semelhantes entre si (Tabela 4). Nessa perspectiva, o fornecimento de N via sistema e adubação de plantio foram suficientes, se ligando ao período de baixa demanda nutricional e extração de N, entre crescimento vegetativo e pendoamento, de modo à adubação nitrogenada não ter influenciado tal característica (Coelho *et al.*, 2002). Batista *et al.* (2017), Oliveira *et al.* (2023) e Farinelli; Lemos (2010) também não verificaram diferenças na altura de inserção de espiga diante do fornecimento de N em cobertura.

O diâmetro de colmo divergiu entre os tratamentos UT e UEE, sendo este superior em espessura que o anterior. No entanto, os demais foram semelhantes entre si e aos supracitados (Tabela 4). Isso se deve à maior suscetibilidade de fontes fluidas, solúveis, por escoamento superficial e lixiviação, conforme dito (Cantarella, 2007), e à alta declividade do terreno aliada ao baixo teor de resíduo vegetal (IENSEN, 2006). Do mesmo modo, com relação aos demais tratamentos, Souza *et al.* (2016) e Oliveira *et al.* (2023) não observaram diferenças no diâmetro de colmo por fontes de N.

O índice SPAD foi diretamente influenciado pela adubação nitrogenada em cobertura, diferindo entre fontes e a não aplicação do nutriente. O tratamento UN foi superior a UT, UK e Controle, sendo os três semelhantes entre si e o último inferior a UN e aos tratamentos UC, UEE, UEC, USNP (Tabela 4). Nessa perspectiva, os teores de N foliar também foram influenciados pela adubação nitrogenada em cobertura e pela fonte utilizada. Apesar de não atingirem níveis adequados, de 27,5 a 32,5 g kg<sup>-1</sup> de N (Malavolta *et al.*, 1997), os tratamentos UC e UEE foram superiores a UK, não diferindo de UEC, UN e USNP, os quais também atingiram teores médios mais adequados que UT e Controle (Tabela 4). Ambas avaliações se tornam complementares e semelhantes, devido ao teor de N se correlaciona positivamente com a quantidade de clorofila no tecido vegetal (Barros *et al.*, 2017). Assim, o melhor aproveitamento de N para a produção de área foliar deve-se ao fornecimento pleno, em fontes sólidas, devido à

provável menor perda por erosão e lixiviação, e incorporação dos fertilizantes nos dias posteriores à adubação de cobertura (Bramorski *et al.*, 2015), ao passo que fontes de liberação controlada apresentam maior controle sobre lixiviação do N (Alva, 1992).

**Tabela 4:** Resultados das avaliações de <sup>1</sup>altura de plantas (m), <sup>2</sup>altura de inserção de espiga (m), <sup>3</sup>diâmetro de colmo (mm), <sup>4</sup>SPAD, <sup>5</sup>teor de nitrogênio foliar (g kg<sup>-1</sup>).

Patos de Minas (MG), 2025

Tratamentos	<sup>1</sup> H planta m	<sup>2</sup> H inserção m	<sup>3</sup> Colmo mm	<sup>4</sup> SPAD	<sup>5</sup> N Foliar g kg <sup>-1</sup>
UC	2,91 a	1,52 <sup>NS</sup>	25,83 ab	64,65 ab	19,43 a
UT	2,75 ab	1,12	22,9 b	36,55 cd	11,2 cd
UK	2,92 a	1,53	23,86 ab	43,23 bcd	13,55 bc
UEE	3,08 a	1,29	27,23 a	53,95 abc	18,24 a
UEC	3,08 a	1,51	25,89 ab	60,53 ab	16,59 ab
UN	3,11 a	1,68	25,25 ab	67,55 a	17,64 ab
USNP	3,02 a	1,59	24,71 ab	56,73 abc	17,01 ab
Controle	2,32 b	1,24	23,44 ab	27,45 d	8,68 d
CV (%)	6,73	16,73	7,00	17,86	11,60
DMS	0,46	0,57	4,13	21,75	4,21

UC: Ureia Convencional 45% N; UT: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico;

UK: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico; UEE: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UEC: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UN: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; USNP: Ureia 45% N + Inibidor de Urease; Controle: 0% N.

<sup>1-5</sup>Médias seguidas por letras distintas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>NS</sup>Médias não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste F a 5% de significância.

Da mesma forma, a massa fresca de plantas foi influenciada pela adubação nitrogenada em cobertura. O tratamento UN foi superior aos tratamentos UT e Controle, que não diferiram entre si, enquanto os demais foram estatisticamente iguais ao UN e UT e superiores ao Controle (Tabela 5). Nesse sentido, a massa fresca de plantas se mostrou diretamente associada à altura de plantas e diâmetro de colmo, com resultados semelhantes, uma vez que estruturas maiores e de maior calibre apresentam maior biomassa, por consequência, inclusive de grande correlação com produtividade (Kelly; Crain; Raun, 2015). Máximo *et al.* (2019) também verificaram influência da adubação nitrogenada de cobertura na massa fresca de plantas.

Por sua vez, o número de fileiras não foi influenciado pela adubação nitrogenada em cobertura, não diferindo os tratamentos entre si (Tabela 5). Entre V6 e V10, o potencial do número de fileiras por espiga é determinado, momento em que se apresentou fornecimento suficiente de N via sistema e adubação de base, como a altura de inserção da espiga (Ciampitti *et al.*, 2011; Coelho *et al.*, 2002).

O número de grãos por fileira foi influenciado pelas fontes e adubação nitrogenada em cobertura. A sua ausência, no tratamento Controle, apresentou o menor número de grãos por fileira, não diferindo de UT e USNP, sendo inferior aos demais. O tratamento UEE foi superior aos tratamentos UT e Controle, não diferindo dos demais (Tabela 5). Essa característica é diretamente influenciada pela disponibilidade de N no



solo no período de VT, onde há máxima absorção e demanda de N e define-se o potencial de grãos por fileira na espiga (Coelho, 2007; Ciampitti *et al.*, 2011), indicando o melhor fornecimento e aproveitamento de N nas fontes UEE, UC, UK, UEC, UN e USNP, com influência hídrica.

O número de grãos por espiga foi influenciado diretamente por fontes nitrogenadas, bem como em relação ao tratamento controle. Apresentaram maior quantidade de grãos por espiga os tratamentos UC e UEE em relação a UT, UK e Controle, não diferindo dos demais (Tabela 5). Por se tratar de uma relação direta entre número de fileiras e número de grãos por fileira, depende diretamente de ambos, equilibrando seus resultados. Pessim, Marciano e Farinelli (2021) e Batista *et al.* (2017) também verificaram influência da adubação nitrogenada em cobertura no número de grãos por espiga, sendo este inferior no tratamento Controle.

A massa de mil grãos não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, indicando a não influência da adubação nitrogenada em cobertura, seja por sua presença, seja por fontes utilizadas, para essa característica (Tabela 5). Pessim, Marciano e Farinelli (2021) e Batista *et al.* (2017) também verificaram a não influência da adubação nitrogenada em cobertura para a massa de mil grãos, característica essa que é influenciada, conforme esses autores, além da adubação nitrogenada, por genótipo e condições climáticas durante o enchimento de grãos, de modo que houve déficit hídrico para absorção de nutrientes durante essa fase, em fevereiro.

**Tabela 5:** Resultados das avaliações de <sup>6</sup>massa fresca de plantas (kg), <sup>7</sup>número de fileiras, <sup>8</sup>número de grãos por fileira, <sup>9</sup>número total de grãos por espiga, <sup>10</sup>massa de mil grãos (g). Patos de Minas (MG), 2025

Tratamentos	<sup>6</sup> MFPL kg	<sup>7</sup> Fileiras ----- un	<sup>8</sup> Grãos/Fileira -----	<sup>9</sup> Grãos/Espiga	<sup>10</sup> Massa de mil grãos g
UC	0,943 ab	16 <sup>NS</sup>	35,00 ab	560,00 a	280,02 <sup>NS</sup>
UT	0,770 bc	14,75	27,63 bc	409,38 bc	249,23
UK	0,831 ab	14,75	32,25 ab	473,75 ac	276,65
UEE	0,889 ab	15,25	36,75 a	562,00 a	277,58
UEC	0,974 ab	14,75	35,00 ab	516,25 ab	277,32
UN	1,059 a	15,25	35,13 ab	528,63 ab	276,65
USNP	0,926 ab	14,75	31,38 abc	462,63 ab	256,93
Controle	0,539 c	14,00	22,63 c	319,13 c	243,72
CV (%)	12,58	6,87	11,69	11,27	6,93
DMS	0,26	2,44	8,87	128,09	43,94

UC: Ureia Convencional 45% N; UT: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico;

UK: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico; UEE: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UEC: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UN: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; USNP: Ureia 45% N + Inibidor de Urease; Controle: 0% N.

<sup>6-10</sup>Médias seguidas por letras distintas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

<sup>NS</sup>Médias não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste F a 5% de significância.

O teor de N no grão diferiu entre as fontes utilizadas. O tratamento UEE foi superior, em níveis, aos tratamentos UT, UK e Controle, não diferindo dos demais (Tabela 6). Este em questão está intimamente ligado à extração e aproveitamento do N conforme índices nutricionais, absorção e translocação ao longo do ciclo do milho (Coelho, 2002), com teores obtidos médios superiores àqueles observados por Rawal *et al.* (2024), de 15 g kg<sup>-1</sup>. Da mesma maneira, calculados pelo teor de N no grão (Farinelli; Lemos, 2010), os níveis proteicos sofreram influência de uso de fontes de adubação nitrogenada em cobertura. Exatamente como anteriormente, o tratamento UEE foi superior, em níveis, aos tratamentos UT, UK e Controle, não diferindo dos demais (Tabela 6). Desse modo, UEE, UC, UEC, UN e USNP apresentaram performance semelhante quanto ao fornecimento de N e influência sobre o ciclo da cultura.

A produtividade apresentou influência direta da adubação nitrogenada em cobertura, bem como pelo uso de fontes distintas. Os tratamentos UC, UEE, UEC, UN e USNP foram superiores aos tratamentos UT e Controle, não diferindo de UK, que, por sua vez, foi semelhante ao UT e superior ao Controle (Tabela 6). As condições ambientais de precipitação após a adubação de cobertura contribuíram para ótima performance de fertilizantes sólidos, convencionais, com revestimento ou com inibidor de urease, aliado a sua incorporação, conforme Cantarella (2023), com chuvas acima de 10 mm, de horas a sete dias após a aplicação a lanço. Petean *et al.* (2019) não verificaram diferenças de produtividade no milho entre fontes de ureia revestida com polímeros, do mesmo modo que Almeida (2016) apresentou uma série de resultados positivos para produtividade com o uso dessas tecnologias, em cenários diferentes, conforme período de aplicação em cobertura e condições edafoclimáticas.

A extração de N, calculada através da produtividade, apresentou diferenças diante do uso de adubação nitrogenada em cobertura. Da mesma forma, os tratamentos UC, UEE, UEC, UN e USNP foram superiores aos tratamentos UT e Controle, não diferindo de UK, que, por sua vez, foi semelhante ao UT e superior ao Controle (Tabela 6). Nesse sentido, 85,99 kg ha<sup>-1</sup> de N foi extraído pela cultura fornecido apenas via sistema, teor suficiente para desenvolvimento inicial do milho até seu florescimento, mas insuficiente para completar o ciclo de forma eficiente (Coelho *et al.*, 2002). No entanto, o fertilizante UEE promoveu o efeito “priming”, que estimula a mineralização de matéria orgânica do solo, sendo extraídos valores superiores ao seu fornecimento via fertilizante e via sistema, com valores de recuperação de N considerados altos para a cultura do milho no Brasil (Cantarella, 2007).

**Tabela 6:** Resultados das avaliações de <sup>11</sup>teor de nitrogênio nos grãos (g kg<sup>-1</sup>), <sup>12</sup>teor de proteína nos grãos (g kg<sup>-1</sup>), <sup>13</sup>produtividade total de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), <sup>14</sup>extração de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>). Patos de Minas (MG), 2025

	<sup>11</sup> N Grão	<sup>12</sup> Proteína	<sup>13</sup> Produtividade	<sup>14</sup> Extração
Tratamentos	g kg <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup>	
UC	17,71 ab	110,69 ab	7.992,64 a	158,90 a
UT	15,37 bc	96,03 bc	5.098,20 bc	101,35 bc
UK	15,16 bc	94,72 bc	7.201,26 ab	143,16 ab
UEE	18,24 a	113,97 a	9.727,03 a	193,37 a
UEC	16,91 abc	105,66 abc	8.183,36 a	162,69 a
UN	17,54 ab	109,59 ab	8.931,03 a	177,55 a
USNP	17,08 abc	106,75 abc	8.660,56 a	172,17 a
Controle	14,56 c	91,00 c	4.325,23 c	85,99 c
CV (%)	6,79	6,79	15,40	15,39
DMS	2,67	16,68	2.744,91	54,56

UC: Ureia Convencional 45% N; UT: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico;

UK: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico; UEE: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UEC: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UN: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; USNP: Ureia 45% N + Inibidor de Urease; Controle: 0% N.

<sup>11-14</sup>Médias seguidas por letras distintas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A exportação de N, calculada a partir da produtividade e teor de N no grão, apresentou influência quanto à adubação em cobertura e em relação às fontes utilizadas. O tratamento UEE obteve índices mais elevados de exportação que UT, UK e Controle. Do mesmo modo, UK foi semelhante aos demais, em níveis (Tabela 7). Coelho *et al.* (2022) também verificaram diferenças na exportação de N diante da adubação nitrogenada, a qual está intimamente ligada ao teor de N nos grãos.

A eficiência na extração do N, comparada em subtração à média do tratamento controle, onde não houve aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, diferiu entre as fontes testadas. O tratamento UK foi superior a UC, UT, UEC, UN, USNP e Controle, sendo semelhante a UEE (Tabela 7). Um detalhe importante a se considerar, para UT e UK, a dose estabelecida de 100 kg ha<sup>-1</sup>, no uso das fontes, foi de 35% de ureia diluída junto ao ácido húmico (Tabela 2), influenciando diretamente essa relação.

Em geral, fertilizantes fluidos apresentam menores perdas por volatilização de amônia, levando a maior eficiência, em certa medida, ao passo que se torna mais suscetível a perdas por lixiviação e escoamento superficial por serem solúveis (Cantarella, 2007). Ao mesmo tempo, ácidos húmicos podem estimular o sistema radicular a absorver e reter melhor os nutrientes e metabolizá-los, em especial o N, conferindo maior eficiência no seu uso aplicado em cobertura (Nardi *et al.*, 2002). Da mesma forma, a eficiência na exportação do N, comparada em subtração à média do tratamento controle, onde não houve aplicação de N em cobertura, diferiu entre as fontes testadas. Os tratamentos UK, UEE, UN e USNP foram superiores ao Controle, enquanto UC, UT e UEC não diferiram do Controle (Tabela 7). Isso se deve especialmente ao alto

coeficiente de variação, decorrente da alta variabilidade dos resultados dentro das médias observadas.

Houve diferenças de eficiência agrônômica diante do uso de fontes na adubação nitrogenada em cobertura, e com relação a sua ausência, de forma a verificar a melhor performance por kg de N aplicado (Tabela 7). Já, para o índice de eficiência agrônômica, o uso de fontes apresentou resultados distintos, com referência nos tratamentos Controle e Convencional (UC). Para ambos, o tratamento UK foi semelhante a UEE e superior aos demais, sendo que somente UT não diferiu do tratamento Controle. Coelho *et al.* (2022) também verificaram a influência da adubação nitrogenada em cobertura no milho para esses quesitos.

Houve efeito da adubação nitrogenada em cobertura em todas as características, com exceção de altura de inserção de espiga, número de fileiras e massa de mil grãos. A adubação nitrogenada influenciou positivamente as avaliações de altura de plantas, teor de clorofila e N foliar, massa fresca de plantas, número de grãos por fileira e por espiga, teor de proteína e N no grão, produtividade, extração e exportação de N, e suas eficiências, eficiência agrônômica e índice de eficiência agrônômica versus a não adubação, tratamento Controle.

**Tabela 7:** Resultados das avaliações de <sup>15</sup>exportação de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>), <sup>16</sup>eficiência na extração do nitrogênio, <sup>17</sup>eficiência na exportação do nitrogênio (%), <sup>18</sup>eficiência agrônômica (kg kg<sup>-1</sup>) e <sup>19</sup>índice de eficiência agrônômica (%). Patos de Minas (MG), 2025

Tratamentos	<sup>15</sup> Exportação kg ha <sup>-1</sup>	<sup>16</sup> Eficiência	<sup>17</sup> Eficiência	<sup>18</sup> EA kg kg <sup>-1</sup>	<sup>19</sup> IEA %
		Ext %	Exp		
UC	140,98 ab	73 b	78 ab	37 b	100 b
UT	79,55 c	68 bc	71 ab	34 bc	93 bc
UK	109,4 bc	163 a	133 a	82 a	224 a
UEE	177,44 a	107 ab	114 a	54 ab	147 ab
UEC	139,74 ab	77 b	77 ab	39 b	105 b
UN	156,61 ab	92 b	93 a	46 b	126 b
USNP	147,23 ab	86 b	84 a	43 b	118 b
Controle	63,19 c	0 c	0 b	0 c	0 c
CV (%)	17,42	35,85	42,48	35,86	35,86
DMS	52,41	71	82	36	97

UC: Ureia Convencional 45% N; UT: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico;

UK: 35% dose ureia diluída + 10g Ácido Húmico; UEE: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UEC: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; UN: Ureia 45% N + Tecnologia de Revestimento; USNP: Ureia 45% N + Inibidor de Urease; Controle: 0% N.

<sup>15-19</sup>Médias seguidas por letras distintas apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

EA = (PGcf - PGsf) / (QNa). EA: eficiência agrônômica, kg kg<sup>-1</sup>; PGcf: produtividade de grãos com fertilizante nitrogenado; PGsf: produtividade de grãos sem fertilizante nitrogenado; QNa: quantidade de N aplicado, em kg.

IEA = (Pf - Pc) \* 100 / (Pu - Pc). IEA: eficiência agrônômica, %; Pf: produtividade de grãos da fonte x; Pc: produtividade de grãos do tratamento controle; Pu: produtividade de grãos da ureia convencional.

#### 4 CONCLUSÃO

As fontes sólidas, UC, UEE, UEC, UN e USNP, junto ao tratamento UK, fluido, apresentaram as melhores respostas, em geral, sendo semelhantes entre si, enquanto UT e Controle foram inferiores nas principais características avaliadas, como produtividade e eficiência agrônômica.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. E. M. de. **Fertilizantes de eficiência aumentada**: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016. 28 p. (Documentos, 28).

ALVA, A. K. Differential leaching of nutrients from soluble vs. controlled-release fertilizers. **Environmental Management**, Lake Alfred, v. 16, n. 6, p. 769-776, nov. 1992. DOI: 10.1007/BF02645667.

ALVAREZ, V.; V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32, 359 p.

BARROS, I. de; SANTOS, W. de M.; PACHECO, E. P.; SOUZA, H. N. **Índice SPAD como indicador da nutrição nitrogenada do milho em Argissolos dos Tabuleiros Costeiros**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017. 37 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084661/1/BP129INACIOfinal.pdf>.

BATISTA, V. V.; ADAMI, P. F.; GIARETTA, R.; ROSA, L. C. da; BATTISTUZ, M.; LINK, L. Níveis de nitrogênio e seus efeitos sobre os componentes de rendimento e arquitetura de plantas no cultivo de milho. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA (X EPCC), 2017, Maringá. **Anais eletrônicos...** Maringá: UNICESUMAR / Galoá Proceedings, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/epcc/trabalhos/niveis-de-nitrogenio-e-seus-efeitos-sob-os-componentes-de-rendimento-e-arquitetu?lang=pt-br>.

BRAMORSKI, J.; TRIVELIN, P. C. O.; CRESTANA, S. Perda de nitrogênio por erosão em solos mobilizados por preparo mecânico e sem mobilização, sob chuvas simuladas sucessivas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 1204-1211, 1 jul. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140521>.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Exportações Brasileiras: Milho**. Brasília, DF: MAPA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/relacoes-internacionais/documentos/Milho.pdf>.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 7, p. 375-470.

CANTARELLA, H. **Opções de fontes de nitrogênio para a agricultura brasileira**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2023. 30 p. (Documentos IAC, n. 120). ISSN 1809-7693. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/documentoiac120.pdf>.

CIAMPITTI, I. A.; ELMORE, R. W.; LAUER, J. **Estádios reprodutivos do milho: desenvolvimento do grão dentado e camada preta**. Tradução de Thais Albuquerque *et al.* Kansas: Kansas State University, 2011. Adaptado de: HOW a corn plant develops. Ames: Iowa State University, 1986 (Special Report, 48); CORN growth and development. Ames: Iowa State University, 2011 (PMR, 1009).

COELHO, A. E.; SANGOI, L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KUNESKI, H. F.; MARTINS JÚNIOR, M. C. Nitrogen use efficiency and grain yield of corn hybrids as affected by nitrogen rates and sowing dates in subtropical environment. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 46, e0210087, 2022. DOI: 10.36783/18069657rbcs20210087.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Cultivo do milho: nutrição e adubação**. Sete Lagoas: [s. n.], dez. 2002. ISSN 1679-0162.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C. (ed.). **Cultivo do milho**. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Cap. Fertilidade de solos, p. 131-157. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/491015>.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, dez. 2007. Disponível em: D:\Publicações\2008\Circulares.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 4, quarto levantamento, jan. 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>.

COSTA, F. M. P.; DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.; BONNECARRERE, R. A. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Nitrogênio e produtividade de grãos de milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: tecnologia e produção**. Piracicaba: ESALQ/USP/LVP, 2005. p. 118-128.

EKPA, O.; PALACIOS-ROJAS, N.; KRUSEMAN, G.; FOGLIANO, V.; LINNEMANN, A. R. Sub-Saharan African maize-based foods – processing practices, challenges and opportunities. **Food Reviews International**, v. 35, n. 7, p. 609–639, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1588290>.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Editores Técnicos: TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W. G. 3 ed. rev. e ampl. Brasília, DF, 2017.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; REIS, M. R. dos. **Fisiologia Vegetal**: fotossíntese, relações hídricas e nutrição mineral. Piracicaba: Pecege Editora, 2022.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. In: SPARKS, D.L. (Ed.). **Advances in Agronomy**. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. v. 88, p. 97-185. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211305880046>.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2010. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/299>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Disponível em: <https://biometria.ufla.br/index.php/bbj/article/view/450>.

GOOGLE. **Google Earth**. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-18.63121061,-46.12612811,827.01355171a,168.13727062d,35y,0h,0t,0r/data=ChYqEAgBEgoyMDE2LTEyLTMxGAFCAGgBMikKJwolCiExVGR2Q0NCNW1IUHFubG55cFhHcGJzR3YzcVdlcDUzVGggAToDCgEwQgIIAEoICJqapJEFEAE>.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: julho 2025. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/44223-estimativa-de-julho-aponta-safra-recorde-de-340-5-milhoes-de-toneladas-em-2025-alta-de-16-3>.

IENSEN, R. E. **Relação entre erosão e declividade e as consequências erosivas na área do Morro do Cerrito em Santa Maria - RS** [monografia]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. Orientador: Mauro Kumpfer Werlang. Defesa: 23 fev. 2006. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/2189/Iensen\\_Rosa\\_Elaine.pdf?sequence](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/2189/Iensen_Rosa_Elaine.pdf?sequence).

INMET. Gráficos Climatológicos – Estação Patos de Minas (83531). **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2025. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>.

KELLY, J.; CRAIN, J.; RAUN, W. By-plant prediction of corn (*Zea mays* L.) grain yield using height and stalk diameter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 46, n. 5, p. 707-718, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.998340>.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. Disponível em: [https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper\\_2006.pdf](https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper_2006.pdf).

LE, L.; ZHANG, Y.; XU, G. How does nitrogen shape plant architecture? **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 15, p. 4415–4427, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa190>.

LIU, G.; ZOTARELLI, L.; LI, Y.; DINKINS, D.; WANG, Q.; OZORES-HAMPTON, M. **Controlled-Release and Slow-Release Fertilizers as Nutrient Management Tools**. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 2021. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1255>.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 7, p. 1-64.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MÁXIMO, P. J. M.; PINTO, A. A.; CÂMARA, F. T.; MOTA, A. M. D.; & NICOLAU, F. E. A. Adubação nitrogenada em cobertura em dois cultivares de milho no Cariri-CE. **Revista de Agricultura Neotropical**, 6 (1), 23-28, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.32404/rean.v6i1.2561>.

NARDI, S. *et al.* Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1527-1536, 2002. Disponível em: [https://www.bing.com/search?pglt=297&q=NARDI%2C+S.+et+al.+Physiological+effects+of+humic+substances+on+higher+plants.+Soil+Biology+%26+Biochemistry%2C+v.+34%2C+n.+11%2C+p.+1527-1536%2C+2002.&cvid=577546a06e254b9cb5efe2af522f755a&gs\\_lcrp=EgRIZGdlKgYIABBFgDkyBggAEEUYOdIBCDEwNDdqMGoxqAIAAsAI&FORM=ANNTA1&PC=DCTS](https://www.bing.com/search?pglt=297&q=NARDI%2C+S.+et+al.+Physiological+effects+of+humic+substances+on+higher+plants.+Soil+Biology+%26+Biochemistry%2C+v.+34%2C+n.+11%2C+p.+1527-1536%2C+2002.&cvid=577546a06e254b9cb5efe2af522f755a&gs_lcrp=EgRIZGdlKgYIABBFgDkyBggAEEUYOdIBCDEwNDdqMGoxqAIAAsAI&FORM=ANNTA1&PC=DCTS).



OLIVEIRA, D. T. M.; ANDRADE, C. L. L. de; CABRAL FILHO, F. R.; TEIXEIRA, M. B.; FERREIRA, T. M. Avaliação biométrica do uso de diferentes fontes de nitrogênio no milho safrinha. **Brazilian Journal of Science**, Rio Verde, v. 2, n. 1, p. 63-71, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i1.252>.

OLIVEIRA, R. R. de; CRUZ, E. de S.; MATOS, A. de O. Eficiência relativa de fontes de nitrogênio. In: GOEDERT, W. J.; DIAS FILHO, F. A. (Ed.). **Relatório bienal (1984/1985): convênio EMBRAPA/PETROFÉRTIL**. Brasília, DF: EMBRAPA: PETROFÉRTIL, 1986. p. 43-45. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/957922>.

PESSIM, A.; MARCIANO, L. O.; FARINELLI, R. Produtividade e eficiência de uso de nitrogênio no milho safrinha (Yield and the nitrogen use efficiency in maize crop off-season). **Ciência e Cultura**, Barretos, v. 17, art. e211710, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4322/1980-0029.122021>. Disponível em: [https://www.unifeb.edu.br/uploads/final\\_rcc122021\\_PT.pdf](https://www.unifeb.edu.br/uploads/final_rcc122021_PT.pdf).

PETEAN, C. C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GALINDO, F. S.; BUZZETTI, S.; MALMONGE, J. A.; MALMONGE, L. F. Polímeros orgânicos com ureia dissolvida e doses de nitrogênio no milho. **Revista de Ciências Agrárias (Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences)**, UFRA, v. 62, n. 18, 2019.

RANUM, P.; PEÑA-ROSAS, J. P.; GARCIA-CASAL, M. N. Global maize production, utilization, and consumption. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1312, n. 1, p. 105–112, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>.

RAWAL, V.; ANSARI, M. W.; YADAV, D. K.; KUMAR. Nitrogen use efficiency in maize as influenced by varying levels of nitrogen and its split application. **International Journal of Agronomy**, v. 2024, p. 1-12, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/4104123>.

RIBEIRO, D. Processo de Haber-Bosch. **Revista de Ciência Elementar**, v. 1, n. 01, p. 29, 2013.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>.

SILVA, E. C. *et al.* Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.

SILVA, F. C. da (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p. ISBN 978-85-7383-430-7.

SOUZA, F. H. Q. *et al.* Doses de nitrogênio e modos de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida na cultura do milho. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira - SP, v. 25, n. 4, p. 361-372, 2016. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2016v25n4p361-372>.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Tradução: Alexandra Antunes Mastroberti et al.; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. ISBN 978-85-8271-367-9.

TRENKEL, M. E. **Slow and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 167 p. Disponível em: [http://repo.pertis.ac.id/1628/1/2010\\_Trenkel\\_slow%20release%20book.pdf](http://repo.pertis.ac.id/1628/1/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf).

USDA FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **Corn: world production**. Washington, D.C.: USDA, 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>.

VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 659-673, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p659>.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

ZONTA, E.; SATAFANATO, J. B.; PEREIRA, M. G. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: BORGES, A. L. *et al.* **Recomendações de calagem e adubação para culturas agrícolas no Brasil**. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134679/1/cap14-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1117-1122, set. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/gP8tSzmXGWsL69LGwGQSBDp/?lang=pt>.