



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA



KAMILLA SOUSA MARQUES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA COMBINAÇÃO DE DOSES NA
ADUBAÇÃO VIA SOLO E VIA FOLIAR DE NITROGÊNIO NO MILHO
SEGUNDA SAFRA**

**UBERLÂNDIA – MG
AGOSTO – 2025**

KAMILLA SOUSA MARQUES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA COMBINAÇÃO DE DOSES NA
ADUBAÇÃO VIA SOLO E VIA FOLIAR DE NITROGÊNIO NO MILHO
SEGUNDA SAFRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira.

**UBERLÂNDIA – MG
AGOSTO – 2025**

KAMILLA SOUSA MARQUES

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA COMBINAÇÃO DE DOSES NA
ADUBAÇÃO VIA SOLO E VIA FOLIAR DE NITROGÊNIO NO MILHO
SEGUNDA SAFRA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de
Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheira
Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira.

Aprovado pela Banca Examinadora em 04 de agosto de 2025.

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
Orientador

Leonardo Lucas F. Neri
Membro da Banca

João George Moreira
Membro da Banca

**UBERLÂNDIA – MG
AGOSTO – 2025**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado muita sabedoria, discernimento e saúde para poder chegar até aqui. Sou também eternamente grata aos meus pais, pois sem eles nada disso seria possível, principalmente por todo apoio que tive, desde a escolha do curso até a minha formação acadêmica. Sou muito grata a todas aos meus colegas que fizeram parte desses 5 anos. E por último não menos importante, agradeço a todos os professores os quais tive o prazer de ter conhecido. Cada um com um jeito de compartilhar os ensinamentos, e que agregaram muito valor tanto profissional como pessoal.

RESUMO

Em todo o Brasil, o milho de segunda safra, ou milho safrinha, tem se destacado de forma notável nos últimos anos. Conforme as projeções, ele é essencial para a agricultura nacional, sendo cultivado em mais de 2 milhões de propriedades agropecuárias. Dada a importância e as altas expectativas de produção, um manejo adequado da adubação é crucial para garantir alta produtividade. Entre os nutrientes, o nitrogênio (N) é o mais exigido pelo milho e o mais desafiador de manejar. Devido ao seu elevado custo, baixa eficiência dos fertilizantes minerais, grandes perdas ambientais e impacto na produtividade, é fundamental buscar alternativas para otimizar seu uso. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agronômica da combinação de doses na adubação via solo e via foliar de nitrogênio no milho segunda safra. O experimento foi conduzido na segunda safra do ano agrícola de 2024, na cidade de Uberlândia/MG, na fazenda experimental AgroBelts, cuja classificação do solo é Latossolo Vermelho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 3, sendo 4 doses de N no solo (0, 65, 130 e 195 kg.ha⁻¹) e 3 doses de N foliar (0, 5 e 10 kg.ha⁻¹) totalizando 12 tratamentos e 3 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos como a combinação de doses de N via solo e via foliar. Foram realizados todos os tratos culturais necessários de forma a expressar o máximo potencial produtivo do híbrido utilizado. Para avaliar o efeito dos tratamentos, foram realizadas avaliações de altura de planta (cm), índice SPAD, análise do teor de nitrogênio na folha e no grão, peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos. Foi realizada análise exploratória dos dados (EDA) para verificar se os dados são paramétricos e atendem os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Atendendo os pressupostos, realizou-se a ANOVA e, em caso de significância para o teste F ($\alpha = 0,01$). Adicionalmente, foi realizado teste LSD de Fisher ($\alpha = 0,01$) para comparação de médias, visando avaliar o efeito dos tratamentos sobre todas as variáveis e teste regressão para avaliar os efeitos das doses de nitrogênio sobre a produtividade de grãos. Quanto aos resultados, a dose de 130 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (N) via solo mostrou-se a que melhor permite expressar o potencial produtivo do milho safrinha, mesmo variando a dose de N via foliar. A adubação foliar com nitrogênio não apresentou ganho significativo em produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; adubação nitrogenada; produtividade de grãos; segunda safra

ABSTRACT

Across Brazil, second-season corn, or safrinha corn, has notably stood out in recent years. According to projections, it is essential to national agriculture, being cultivated on more than 2 million agricultural properties. Given its importance and high production expectations, proper management of fertilization is crucial for ensuring high productivity. Among the nutrients, nitrogen (N) is the most demanded by corn and the most challenging to manage. Due to its high cost, low efficiency of mineral fertilizers, significant environmental losses, and impact on productivity, it is essential to explore alternatives to optimize its use. The objective of this study was to evaluate the agronomic efficiency of combining nitrogen application doses via soil and foliar methods for second-season corn. The trial was conducted during the second season of the 2024 agricultural year in Uberlândia/MG, at the Estação de Pesquisa AgroBelts, with the soil classified as Red Latosol. The experimental design used was a randomized block design (RBD), with 12 treatments and 3 repetitions, totaling 36 experimental units. The treatments were defined as combinations of N doses applied via soil and foliar methods. All necessary cultural practices were performed to express the maximum productive potential of the hybrid used. To evaluate the effects of the treatments, assessments were made for plant height (cm), SPAD index, nitrogen content in the leaf and grain, thousand-grain weight (TGW), and grain productivity. Exploratory Data Analysis (EDA) was conducted to verify if the data were parametric and met the assumptions of Analysis of Variance (ANOVA). With the assumptions met, ANOVA was performed, and in case of significance for the F test ($\alpha = 0.01$), Fisher's LSD test ($\alpha = 0.01$) was conducted for mean comparison to evaluate the effects of the treatments on all variables, and regression analysis was used to assess the effects of nitrogen doses on grain productivity. Regarding the results, the dose of 130 kg.ha^{-1} of nitrogen (N) applied via soil has been shown to be the most effective recommendation for expressing the productive potential of safrinha corn, even when varying the foliar N dose. Foliar nitrogen fertilization did not show a significant increase in grain productivity.

Keywords: *Zea mays* L.; nitrogen fertilization; grain productivity; second-season corn.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. A cultura do milho	10
2.2. A importância do nitrogênio (N).....	10
2.3. O ciclo do nitrogênio (N).....	11
2.3. O processo da Adubação Foliar Nitrogenada (AFN).....	12
2.4. Fatores que afetam a absorção foliar de N.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae e originário do teosinto, é cultivado há mais de 8.000 anos em diversas partes do mundo, como Estados Unidos, China, Índia, Brasil, França, Indonésia e África do Sul. Sua alta adaptabilidade, evidenciada por uma vasta gama de genótipos, permite o cultivo desde o Equador até as regiões temperadas, além de áreas que variam do nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros. Dessa forma, o milho é uma cultura presente em climas tropicais, subtropicais e temperados. É amplamente utilizado na alimentação animal e humana devido às suas elevadas qualidades nutricionais, contendo quase todos os aminoácidos conhecidos, com exceção da lisina e triptofano (BARROS; CALADO, 2014; GARCIA; DUARTE, 2011).

Em todo o território nacional, o milho de segunda safra, também conhecido como milho safrinha, tem se destacado exponencialmente nos últimos anos. Segundo estimativas, a produção do cereal no ano agrícola 2023/24 deve alcançar 115,8 milhões de toneladas, uma redução de aproximadamente 12% em relação à safra 2022/23. Adicionalmente, com uma área de 20.862,8 mil hectares, houve um decréscimo de 6,3% em comparação com o período anterior (CONAB, 2024).

De acordo com as projeções, o milho é um produto essencial para a agricultura brasileira, sendo cultivado em mais de 2 milhões de estabelecimentos agropecuários. Nas últimas décadas, essa gramínea passou por profundas transformações, destacando-se a redução da agricultura de subsistência entre pequenos produtores e o aumento de seu papel na agricultura comercialmente eficiente, com mudanças geográficas e temporais na produção. Apesar do crescimento recente do mercado brasileiro de milho, ainda existem obstáculos que precisam ser superados para se alcançar maior dinamismo (BARBOSA, 2023; CONTINI *et al.*, 2019).

Em alinhamento com os fatores mencionados anteriormente e levando em conta as elevadas projeções para a cultura do milho, é crucial um manejo adequado da adubação para alcançar altas produtividades. Até recentemente, as respostas à adubação dessa cultura estavam restritas ao nitrogênio (N) e fósforo (P) (COELHO *et al.*, 2007; RANGE *et al.*, 2019).

Em relação ao nitrogênio (N), é o nutriente mais demandado pelo milho e o mais desafiador de manejá-lo. Devido ao seu alto custo, baixa eficiência dos fertilizantes minerais, grandes perdas ambientais e impacto na produtividade, é necessário explorar alternativas. Diferentes métodos de aplicação e distribuição podem melhorar a absorção pela planta, aumentando a produtividade, a rentabilidade e a sustentabilidade (SALDANHA, 2023).

Entre as alternativas, a adubação foliar com nitrogênio (N) é de grande importância, pois esse nutriente é crucial para o aumento da produção de grãos e é exigido em maior quantidade pelo milho (CAVALINI *et al.*, 2013). No entanto, o nitrogênio é um elemento complexo e difícil de manejar nos sistemas de produção agrícola devido às diversas reações químicas e biológicas que sofre no ambiente. O uso racional da adubação nitrogenada é essencial não só para aumentar a eficiência de recuperação do nutriente, mas também para elevar a produtividade da cultura e reduzir os custos de produção (MAGALHÃES; SOUZA, 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agronômica da combinação de doses na adubação via solo e via foliar de nitrogênio no milho segunda safra.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho

O milho, de acordo com a classificação botânica, pertence à ordem Gramineae, família Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. Anatomicamente, o milho é classificado como uma gramínea tropical. Seu colmo é cilíndrico, com nós e entrenós, atingindo uma altura média de 2 metros. No final do estádio vegetativo, apresenta uma inflorescência masculina chamada pendão. A cada nó acima do solo, surgem folhas de aproximadamente 0,9 metros de comprimento e 0,07-0,09 metros de largura. Quando o estádio vegetativo termina, nas axilas das folhas, desenvolve-se a inflorescência feminina conhecida como espiga, marcando o início do estádio reprodutivo (BARROS; CALADO, 2014; FORNASIERI FILHO, 2007).

Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2016), o milho é considerado um dos três pilares da dieta mundial, ao lado do arroz e do trigo. Juntos, esses cereais representam pouco mais de 42% do suprimento calórico global. Nos países emergentes, eles são responsáveis por 50% do fornecimento de calorias (BARBOSA, 2023; ZANCANARI, 2019).

2.2. A importância do nitrogênio (N)

O milho é uma cultura que demanda muitos nutrientes, especialmente nitrogênio. A deficiência desse nutriente provoca o amarelecimento das folhas mais velhas, seguido de clorose generalizada, com a formação de um "V" invertido na folha, e perda de folhas. Em casos mais graves, podem ocorrer deformações nas pontas das espigas, resultando em redução de até 20% na produção de grãos. A falta de nitrogênio reduz o crescimento das folhas, aumenta o desenvolvimento do sistema radicular e causa avermelhamento dos ramos caulinares, com esses sintomas surgindo inicialmente nas partes mais velhas da planta (SCHIRRMANN, 2017; SUBEDI *et al.*, 2007).

O N é um dos nutrientes mais limitantes no solo e um dos mais necessários para elevar a produção e o índice de colheita das plantas cultivadas. No caso do milho, grandes quantidades de nitrogênio são aplicadas na forma de fertilizantes minerais. No solo, a quantidade de nitrogênio disponível para as plantas é baixa. O teor de nitrogênio nas rochas e minerais que formam os solos é muito pequeno, e a maior parte do nitrogênio no solo (97-98%) está na forma

orgânica, que não está disponível para as plantas. As plantas absorvem nitrogênio principalmente nas formas mineralizadas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que representam de 2 a 3% do nitrogênio total do solo (CANTARELLA; MARCELINO, 2007; LOPES, 1989).

2.3. O ciclo do nitrogênio (N)

O ciclo do nitrogênio é uma série de reações de oxirredução mediadas por microrganismos que obtêm energia a partir das mudanças nos estados de oxirredução. Além disso, o nitrogênio presente em resíduos vegetais (restos de plantas) e animais (esterco), bem como o nitrogênio derivado da atmosfera através de processos elétricos, combustão, microbiológicos e industriais, é adicionado ao solo (MARTINELLI, 2007).

O nitrogênio dos resíduos é convertido em amônio (NH_4^+) pelos organismos do solo durante a decomposição. As raízes das plantas absorvem uma parte do NH_4^+ , enquanto o restante é convertido em nitrato (NO_3^-) por bactérias nitrificadoras em um processo denominado nitrificação. O NO_3^- é absorvido pelas raízes das plantas e, juntamente com o NH_4^+ absorvido, é utilizado para a produção de proteínas nas culturas que alimentam seres humanos e animais domésticos. Além disso, as plantas podem absorver amônia (NH_3) da atmosfera (MAÇÃS, 2008).

O nitrogênio nas plantas está presente em duas formas: NH_4^+ (amônio) e NH_3 (amônia). Além disso, está presente em aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, vitaminas, coenzimas, pigmentos e agentes redutores (NADPH e NADH) em várias reações químicas. A disponibilidade de nitrogênio do solo para as plantas ocorre através da mineralização da matéria orgânica. No entanto, isso depende do manejo geral do sistema produtivo e não se altera rapidamente. Embora a mineralização da matéria orgânica forneça nitrogênio inorgânico ao solo, a obtenção de altas produtividades nas culturas é alcançada por meio da fertilização nitrogenada (VIAPIANA, 2014; AKEMI, 2011).

No Brasil, a principal fonte de nitrogênio utilizada é a ureia, que é vantajosa por ter alta concentração de nitrogênio e menor custo por unidade. Além disso, a ureia possui alta solubilidade, menor corrosividade e compatibilidade com muitos fertilizantes. No entanto, a ureia pode apresentar menor eficiência no fornecimento de nitrogênio às plantas quando aplicada na superfície do solo devido a perdas por volatilização na forma de NH_3 (SOUZA *et al.*, 2011; CANTARELLA; MARCELINO, 2007).

2.3. O processo da Adubação Foliar Nitrogenada (AFN)

A adubação foliar é a técnica de aplicação de nutrientes minerais diretamente nas folhas das plantas, permitindo a absorção desses nutrientes de forma passiva e ativa. Esse processo não se restringe a tratar apenas as folhas, mas também beneficia toda a planta, incluindo os ramos novos e adultos, estacas e troncos, através de pulverizações ou pincelamentos, um método conhecido como adubação caulinar (NUNES, 2017).

Esse método é particularmente eficaz em regiões secas, onde a falta de umidade limita a absorção de nutrientes pelas raízes (FANCELLI, 2010; RASHID, 2008). Cada tipo de planta possui características únicas na absorção de nutrientes pelas folhas. Pulverizações inadequadas, que produzem gotas grandes, podem causar excesso de umidade nas folhas, resultando em gotejamento e desperdício da solução. Além disso, gotas grandes podem agir como lentes, queimando as folhas ao concentrar a luz solar. Utilizar bicos pulverizadores de alta qualidade pode evitar esses problemas, garantindo uma melhor distribuição das gotículas e aumentando a absorção (FANCELLI, 2010; COELHO, 2010).

Vale ressaltar que pulverizadores de baixo volume podem ter sua eficiência reduzida. Para otimizar a absorção foliar de nutrientes, é essencial empregar técnicas que considerem o tipo de equipamento de pulverização utilizado. A aplicação deve, sempre que possível, atingir tanto a superfície superior quanto a inferior das folhas, facilitando assim a absorção por ambos os lados (NUNES, 2017).

2.4. Fatores que afetam a absorção foliar de N

A absorção foliar e a translocação de nutrientes para outras partes da planta podem ser afetadas de forma positiva ou negativa por diversos fatores, tanto externos, relacionados ao ambiente, quanto internos, relacionados à própria planta, que influenciam a eficácia da adubação foliar. Esses fatores podem ser classificados em internos e externos (SCHIRRMANN, 2017). O Quadro 1 apresenta os fatores internos que afetam a absorção foliar de nitrogênio.

Quadro 1. Fatores internos que afetam a absorção foliar de N.

Fatores	Descrição
Permeabilidade da cutícula	A absorção de nutrientes entre diferentes espécies vegetais é influenciada por fatores como a espessura da cutícula, a quantidade de cera, a capacidade de umedecimento, o número de estômatos e a presença de pelos. Geralmente, a superfície inferior da folha, com sua cutícula mais fina e maior concentração de estômatos, tende a absorver mais a solução

	aplicada. Portanto, para uma adubação foliar eficaz, é recomendado distribuir uniformemente a solução, incluindo a face inferior das folhas. O grau de hidratação das folhas é crucial para a absorção de nutrientes, já que cutículas bem hidratadas são mais permeáveis à solução, enquanto cutículas desidratadas em folhas murchas são bastante impermeáveis.
Idade da folha	A absorção de nutrientes da solução é mais eficiente em folhas novas do que em folhas mais velhas. Nas folhas mais antigas, o aumento da espessura da cutícula tende a incrementar a resistência à penetração da solução. Em contraste, as folhas novas têm uma atividade metabólica mais intensa, utilizando os nutrientes mais rapidamente nos processos de síntese, o que reduz seu estado iônico interno. No entanto, substâncias lipídicas podem ser absorvidas com maior facilidade pelas folhas mais velhas devido à maior quantidade de ceras e cutina presentes.
Estado iônico interno	A capacidade de absorção de nutrientes pelas folhas pode ser influenciada pela quantidade interna do nutriente, refletindo o estado nutricional da planta. Plantas que estão deficientes em um elemento tendem a absorver esse nutriente mais rapidamente do que aquelas que não apresentam deficiência nutricional.

Fonte: Adaptado de Schirrmann (2017) e Nunes (2017).

Em relação aos fatores externos que afetam a absorção foliar de N, o quadro 2 apresenta adaptação de Schirrmann (2017) e Nunes (2017):

Quadro 2. Fatores externos que afetam a absorção foliar de N.

Fatores	Descrição
Luz	Quanto maior a intensidade da luz, maior será a absorção de nutrientes e a translocação desses nutrientes para outras partes da planta.
Água	A absorção foliar depende da disponibilidade de água. Quando a planta começa a murchar, a absorção diminui. Portanto, as pulverizações foliares não devem ser realizadas durante o período de murchamento da planta, especialmente nas horas mais quentes do dia.
Temperatura	Normalmente, temperaturas elevadas facilitam a absorção de nutrientes e aumentam a evaporação da solução na superfície das folhas, resultando na concentração dos sais nutrientes nessa área. No entanto, quando a temperatura sobe excessivamente e a umidade do ar é baixa, o acúmulo excessivo de nutrientes nas folhas pode atingir níveis tóxicos e prejudicar a planta.
Umidade atmosférica	A absorção de nutrientes pelas folhas é favorecida com o aumento da umidade relativa do ar. Isso ocorre porque a umidade mantém a cutícula hidratada, prevenindo a evaporação da solução e prolongando o tempo durante o qual os nutrientes permanecem sobre a folha.

Fonte: Adaptado de Schirrmann (2017) e Nunes (2017).

De acordo com Raij et al. (1991), a possibilidade de absorção de nutrientes minerais pelas folhas torna a adubação foliar uma alternativa interessante para complementar a adubação

pelo solo. No entanto, é importante garantir que a concentração dos nutrientes na solução não ultrapasse 1% a 2%, a fim de evitar danos às folhas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na segunda safra do ano agrícola de 2024, na cidade de Uberlândia/MG na estação de pesquisa Agrobelts ($18^{\circ}59'07''$ S, $48^{\circ}07'09''$ O, a 885 m de altitude), cuja classificação do solo é Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS *et al.*, 2018). Segundo ALVARES *et al.* (2014), utilizando a classificação de Köppen-Geiger (1928) para o Brasil, o clima da região da área experimental é do tipo Aw, apresentando temperatura média de $22,8^{\circ}\text{C}$ e precipitação anual de 1.550 mm.

O resultado da análise química das amostras da área de cultivo na profundidade de 0 a 20 cm é representado na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

Prof. (cm)	pH (CaCl ₂)	Ca ---cmol.dm ⁻³ ---	Mg ---cmol.dm ⁻³ ---	Al ---%---	P --mg.dm ⁻³ --	K --cmol.dm ⁻³ --	H+Al --cmol.dm ⁻³ --	T ----%	V m	m	M.O. g.dm ⁻³
0-20	5,91	3,61	0,95	*ns	63,9	64,51	2,8	7,53	63	ns	2,48

*ns: não significativo; Ca, Mg, Al (KCl 1,0 mol L⁻¹); P (resina); K (extrator Mehlich); H+Al, CTC a pH 7,0, V: saturação por bases, m: saturação por alumínio, Metodologias baseadas no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) (2001).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 x 4 com 12 tratamentos e 3 repetições, totalizando 36 unidades experimentais. A tabela 2 apresenta a descrição dos tratamentos com a combinação de doses de nitrogênio (N) no milho via solo e foliar.

Tabela 2. Tratamentos definidos como a combinação de doses de N via solo e via foliar.

Tratamentos ¹	Doses de N (kg.ha ⁻¹)	
	Via Solo	Via Foliar
T1	0	0
T2	0	5
T3	0	10
T4	65	0
T5	65	5
T6	65	10
T7	130	0

T8	130	5
T9	130	10
T10	195	0
T11	195	5
T12	195	10

¹O nitrogênio foi parcelado em duas etapas, Pré-V_T e em R₂ (grão bolha d'água).

Em pré-plantio foi realizada amostragem de solo 0-20 cm (análise química do solo evidenciada anteriormente), aplicação de potássio (KCl) e fósforo (SPT e SPS), de forma manual. Ao total, 65 kg.ha⁻¹ de K₂O e P₂O₅ em cada tratamento no sulco de plantio e pós semeadura foram feitas as adubações nitrogenadas, os quais foram parcelados em duas etapas, no Pré-Vt e em R2.

As parcelas do experimento foram constituídas por 10 linhas de 8 metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,5 m, totalizando uma área útil de 40 m². O espaçamento entre plantas foi de aproximadamente 33 cm, planejado para uma população de 60.000 plantas ha⁻¹.

A semeadura foi realizada no dia 13 de fevereiro de 2024, com uma semeadora mecânica de 5 linhas e o híbrido utilizado foi o DKB 335 PRO3. Foram realizados todos os tratos culturais necessários de forma a expressar o máximo potencial produtivo do híbrido utilizado.

Para avaliar o efeito dos tratamentos, foram realizadas avaliações de altura de planta (cm), índice SPAD, análise do teor de nitrogênio na folha e no grão, peso de mil grãos (PMG) e produtividade de grãos.

A avaliação de altura de planta foi realizada entre R₁ e R₂ (próximo a grãos bolha d'água), com o auxílio de mira topográfica, padronizando como limite superior da planta a primeira ramificação do pendão. Para a mensuração do atributo, foram medidas dez plantas da área útil da parcela.

A medição de clorofila (SPAD) (*Soil Plant Analysis Development*), no estádio R₂, foi efetuada com o auxílio do medidor de clorofila portátil (clorofilômetro clorofiLOG cfl 1030 da Falker), avaliando dez plantas por parcela, sendo duas folhas por planta, em pontos situados na metade a dois terços do comprimento da folha amostrada, a partir da base, e a 2 cm de uma das margens da folha.

Para quantificar o teor de nitrogênio (N) nas folhas, no estádio V_T (pré-pendão), foi utilizado o terço médio da folha oposta e abaixo da primeira espiga, em 10 plantas da área útil de cada parcela, para análise. Além disso, após a colheita, foi retirada uma amostra de grãos de cada unidade experimental para determinação do teor de N no grão.

Para a determinação da produtividade de grãos, na maturidade fisiológica, foi realizada a colheita, de forma manual e, após, foi utilizada uma trilhadora mecânica. A operação ocorreu no dia 01 de agosto de 2024, obtendo-se o peso dos grãos de cada parcela. Posteriormente, estes valores foram transformados para sacas.ha⁻¹ (60 kg.ha⁻¹), corrigindo-se ainda a umidade para 13%.

A avaliação do peso de mil grãos (PMG) foi realizada posterior à colheita. Utilizou-se uma grade de cinquenta furos, que tem a função de realizar a contagem de 50 grãos, facilitando a contagem dos mesmos. Após, foram pesados com o auxílio de uma balança de precisão.

Foi realizada análise exploratória dos dados (EDA) para verificar se os dados são paramétricos e atendem os pressupostos da análise de variância (ANOVA). Atendendo os pressupostos, realizou-se a ANOVA e, em caso de significância para o teste F ($\alpha = 0,01$).

Adicionalmente, foi realizado teste LSD de Fisher ($\alpha = 0,01$) para comparação de médias, visando avaliar o efeito dos tratamentos sobre todas as variáveis e teste regressão para avaliar os efeitos das doses de nitrogênio sobre a produtividade de grãos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à altura da planta (cm), os resultados estão apresentados na tabela 2. Observou-se que, no híbrido de milho submetido a diferentes combinações de doses de adubação via solo e foliar de nitrogênio, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, com exceção do tratamento com a combinação de 0 kg.ha⁻¹ de N via solo e 10 kg.ha⁻¹ de N via foliar, que apresentou a menor média devido a diferenciação entre linhas e colunas.

A altura da planta não é determinada apenas geneticamente, mas também é influenciada pelas condições ambientais, especialmente pela adubação nitrogenada. Portanto, aumentar o suprimento de nitrogênio pode contribuir significativamente para o aumento da altura das plantas cultivadas (OSCO *et al.*, 2020). Segundo CRUZ *et al.* (2012), a altura da planta é uma característica quantitativa altamente influenciada pelo ambiente, sendo afetada tanto por fatores abióticos, como estresses hídricos, desordens nutricionais ou fitotoxicidade de defensivos, quanto por fatores bióticos, como pragas e doenças.

Tabela 2. Altura de plantas, em centímetros, do híbrido, submetido a combinação de doses de adubação via solo e via foliar de nitrogênio. Uberlândia, MG, 2024.

<i>P=0,0006</i>	N via foliar (kg.ha⁻¹)			Médias
	0	5	10	
----- cm.planta ⁻¹ -----				
N via solo (kg.ha⁻¹)	0	222 A¹	220 A	198 b B
	65	227	225	233 a
	130	224	226	231 a
	195	219	228	221 b
Médias		223		

¹Médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD ($\alpha=0,01$). Ausência de letras após médias denota ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis.

Quanto ao índice SPAD (Tabela 3), para medição da clorofila, observou-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos de N foliar. No entanto, os tratamentos com a combinação de 0 kg.ha⁻¹ de N via solo e 0, 5, e 10 kg.ha⁻¹ de N via foliar,

respectivamente, apresentaram as menores médias, não diferindo estatisticamente entre si, mas apresentando diferenças significativas em relação aos demais tratamentos, com diferenciação entre linhas e colunas, como 65 kg.ha^{-1} de N via solo e 195 kg.ha^{-1} de N via solo e 10 kg.ha^{-1} apresentaram maior significância entre os demais tratamentos com N via foliar.

O índice SPAD pode ser utilizado como uma ferramenta para estimar tanto o rendimento de biomassa do milho para silagem quanto a produção de grãos, já que o conteúdo de clorofila nas folhas é considerado um indicador de produtividade, sendo responsável por mais de 98% da variação na produção primária bruta do milho (GITELSON *et al.*, 2008). Além disso, em um estudo realizado por Abrão (2023) envolvendo a aplicação de fertilizantes na cultura do milho de segunda safra, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a variável analisada.

Tabela 3. Índice SPAD (FALKER 1030), do híbrido, submetido a combinação de doses de adubação via solo e via foliar de nitrogênio. Uberlândia, MG, 2024.

		N via foliar (kg.ha^{-1})		
<i>P=0,0005</i>		0	5	10
N via solo (kg.ha^{-1})	0	65 b ¹	67 b	63 b
	65	72 ab	76 a	77 a
	130	76 a	73 ab	76 a
	195	77 a	76 a	78 a

¹Médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD ($\alpha=0,01$). Ausência de letras após médias denota ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis.

Ao analisar os resultados do teor de nitrogênio (N) na folha (g.kg^{-1}) (Tabela 4) e no grão (g.kg^{-1}) (Tabela 5), observou-se uma diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, com diferenciação entre linhas e colunas. Notou-se que, nas combinações de adubação via solo e foliar em que o teor de N na folha foi maior em termos absolutos, essa tendência não se refletiu no teor de N presente nos grãos, ao se considerar os mesmos tratamentos.

Essas semelhanças entre doses menores e maiores sofrem grande influência do efeito de diluição ou concentração, por exemplo, doses maiores geram menor acúmulo de massa seca, aumentando a concentração do N na planta (LANGE *et al.*, 2006)

Tabela 4. Teor de N na folha, em gramas por quilo, do híbrido, submetido a combinação de doses de adubação via solo e via foliar de nitrogênio. Uberlândia, MG, 2024.

		N via foliar (kg.ha ⁻¹)		
		0	5	10
N via solo (kg.ha ⁻¹)	0	28 b ¹	27 b	27 b
	65	28 ab B	32 a A	33 a A
	130	32 a AB	30 ab B	36 a A
	195	34 a	32 a	32 a

¹Médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD ($\alpha=0,01$). Ausência de letras após médias denota ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis.

Tabela 5. Teor de N no grão, em gramas por quilo, do híbrido, submetido a combinação de doses de adubação via solo e via foliar de nitrogênio. Uberlândia, MG, 2024.

		N via foliar (kg.ha ⁻¹)		
		0	5	10
N via solo (kg.ha ⁻¹)	0	13 b ¹	12 c	13 bc
	65	14 ab	13 bc	15 a
	130	15 a	15 a	14 ab
	195	14 a A	14 ab AB	13 c B

¹Médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD ($\alpha=0,01$). Ausência de letras após médias denota ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis.

No que diz respeito ao peso de mil grãos (PMG) (g) (Tabela 6), verificou-se que, no híbrido de milho submetido a diferentes combinações de doses de adubação via solo e foliar de nitrogênio, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Isso indica a ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre essa variável.

Embora o PMG seja um componente de elevada influência na definição da produtividade do milho, a variabilidade envolvida em cada medição, muitas vezes, resulta em comportamentos distintos ante a análise estatística (INAMULLAH *et al.*, 2011).

Tabela 6. Peso de mil grãos (PMG), em gramas, do híbrido, submetido a combinação de doses de adubação via solo e via foliar de nitrogênio. Uberlândia, MG, 2024.

<i>P=0,561</i>	N via foliar (kg.ha^{-1})		
	0	5	10
0	158 ¹	159	159
65	157	156	156
130	158	160	160
N	195	168	161

¹Médias seguidas da mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD ($\alpha=0,01$). Ausência de letras após médias denota ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis.

Adicionalmente, doses de 65 e 130 kg.ha^{-1} de N via solo obtiveram ganhos de 10 e 18 sacas. ha^{-1} considerando a combinação de dose de N via foliar 0 kg.ha^{-1} . Além disso, a dose de 130 kg.ha^{-1} diferiu significativamente do tratamento controle.

Quando dose de 10 kg.ha^{-1} via foliar foi aplicado nas plantas, cujo tratamento não recebeu N via solo, houve uma redução drástica na produtividade de 29 sacas, quando comparado ao tratamento controle e redução de 48 sacas em relação à maior produtividade .

Em um estudo realizado por Calonego, Palma e Foloni (2012) sobre a cultura do milho, avaliando a adubação foliar nitrogenada e via solo, a máxima produtividade de grãos foi alcançada com a aplicação de 5 kg.ha^{-1} de N via ureia, enquanto doses maiores resultaram em redução na produtividade. Para o sulfato de amônio, a maior produtividade foi obtida sem adubação foliar, observando-se uma redução linear na produtividade à medida que as doses de N aumentaram, evidenciando um efeito depressivo no crescimento das plantas com doses crescentes dessa fonte de N.

5. CONCLUSÕES

A dose de 130 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (N) via solo tem se mostrado a recomendação que melhor permite expressar o potencial produtivo do milho safrinha, mesmo variando a dose de N via foliar.

A adubação foliar com nitrogênio não apresentou ganho significativo em produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, J. G. Residual de fertilizantes organomineral, orgânico e mineral no milho 2^a Safra.** 2023. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.
- AKEMI, M. Fisiologia vegetal:** nutrição mineral de plantas. 2011.
- ALVARES, C. A. et al.** Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711–728, 2014.
- BARBOSA, J. P. P. L. Adubação potássica em diferentes doses e formas de aplicação: Efeitos na emergência e vigor do milho.** 2023. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2023.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A cultura do milho.** 2014.
- CALONEGO, J. C.; PALMA, H. N.; FOLONI, J. S. S. Adubação nitrogenada foliar com sulfato de amônio e ureia na cultura do milho.** 2012.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IAC, 2007. 1 CD-ROM. 19p.
- CAVALINI, R. M. et al. Determinação do teor de nitrogênio em fertilizantes nitrogenados utilizando dois métodos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. p.06. (Comunicado Técnico 68).
- COELHO, A. M. Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho.** Sistemas de produção: EMBRAPA Milho e Sorgo. 2010.
- COELHO, A. M.; FRANCA, G. E. de; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. Fertilidade de solos: nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1).
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos,** Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 10, décimo levantamento, julho 2024.
- CONTINI, E. et al.** Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2)**, 2019.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, C. S. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético.** 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514 p.
- FANCELLI, A. L.** Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes na cultura de milho. **IPNI Informações Agronômicas**, n.131, Piracicaba, 2010. 16p.
- FORNASIERI FILHO, D. Manual da cultura do milho.** Funep, 2007. GARCIA, J. C.;

DUARTE, J. O. **Produção e consumo do milho.** In: BORÉM, A.; RIOS, S. de A. (Org.). Milho biofortificado. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. cap. 2, p. 23-44.

GITELSON, A. A Simple Semi-Analytical Model for Remote Estimation of Chlorophyll-A in Turbid Waters; Validation. **Remote Sensing of Environment**, Vol. 112, n. 9, 2008, pp. 3582-3593. doi:10.1016/j.rse.2008.04.015

INAMULLAH, N. R. *et al.* Correlations among grain yield and yield attributes in maize hybrids at various nitrogen levels. **Sarhad J. Agric**, v. 27, n. 4, p. 531-538, 2011.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LANGE, A. *et al.* Adubação potássica e seu efeito residual no sistema soja-milho safrinha em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 192-205, 2019.

LANGE, A. *et al.* **Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no cerrado.** 2006.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo.** Piracicaba: ANDA/POTAFOS, 1989. 156p.

MAÇÃS, J. E. S. **Nitrogênio nítrico e amoniacial no desenvolvimento da parte aérea do milho cultivado em argissolo.** 2008. 59f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MAGALHÃES, P. C., SOUZA, T. C. **Cultivo do milho: ecofisiologia.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. v.8 (Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica).

MARTINELLI, L. A. Os caminhos do nitrogênio: do fertilizante ao poluente. **Informações Agronômicas.** Piracicaba. n.18, p.6-10, 2007.

NUNES, J. L. S. **Fertilizantes: conceitos aplicados via foliar.** AGROLINK. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fertilizantes---conceitos-aplicados-via-foliar_361463.html. Acesso em: 01 ago. 2024.

OSCO, L. P. *et al.* Leaf nitrogen concentration and plant height prediction for maize using UAV-based multispectral imagery and machine learning techniques. **Remote Sensing**, v. 12, n. 19, p. 3237, 2020.

RAIJ, B, A. **Fertilidade do solo e adubaçāo.** Piracicaba: Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RASHID, A.; KHAN, R.; ULLAH, H. Influence of Nitrogen Levels and Application Methods on Yield and Quality of Sorghum. **Pedosphere**, v.18, n.2, p.236–241, 2008.

SALDANHA, A. P. **Manejo da adubaçāo nitrogenada na cultura do milho: métodos de aplicaçāo.** Orientador: Vinícius dos Santos Cunha. 2003. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Agrícola, Alegrete, 2023.

SANTOS, H. G. *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHIRRMANN, A. S. **Adubação foliar nitrogenada na cultura do milho.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Brasil.

SOUZA J. A. *et al.* Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, v.70, n.2, p.447-454, 2011.

SUBEDI, K. D.; MA, B. L.; XUE, A. G. Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. **Crop Science**, v.47, p.36-47, 2007.

VIAPIANA, A. M. **Fertilizantes de liberação lenta e controlada de n como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no híbrido de milho AS1565.** 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

ZANCANARI, N. S. **Anatomia e morfologia de plantas de milho com diferentes números de alelos transgênicos.** 2019.