REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

RESPOSTA DO MILHO A DIFERENTES FORMULAÇÕES DE NPK EM SOLO DO CERRADO GOIANO SOB CULTIVO EM VASOS

MAIZE RESPONSE TO DIFFERENT NPK FORMULATIONS IN CERRADO SOIL FROM GOIÁS UNDER POT CULTIVATION

RESPUESTA DEL MAÍZ A DIFERENTES FORMULACIONES DE NPK EN SUELO DEL CERRADO GOIANO BAJO CULTIVO EN MACETAS

Eduarda Gabriella Folador
Graduanda em Agronomia, Centro Universitário FAMA, Brasil
E-mail: eduardagabriellamb@gmail.com

Pedro Augusto Fonseca Lima
Doutor em Agronomia, Centro Universitário FAMA, Brasil
E-mail: pedrofons@gmail.com

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes formulações de NPK no cultivo de milho em solo típico do Cerrado, utilizando vasos como ambiente experimental. O solo apresentou baixa fertilidade natural, pH ácido e baixos teores de fósforo e bases trocáveis, características comuns ao bioma. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos variando combinações de nitrogênio, fósforo e potássio, além de um controle sem adubação. A taxa de germinação foi o parâmetro mais sensível às adubações. O tratamento com dose elevada de fósforo (T4) apresentou a maior emergência (62,5%), evidenciando a importância desse nutriente no desenvolvimento inicial das plântulas. Em contraste, os tratamentos com doses elevadas de nitrogênio e potássio (T3, T5 e T6) apresentaram menores taxas de germinação, possivelmente devido ao estresse osmótico provocado pelo acúmulo de sais em pequeno volume de solo. As variáveis altura e diâmetro não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que, na fase inicial, o crescimento depende mais do potencial genético do milho do que do manejo nutricional. Observou-se tendência de maior desenvolvimento nos tratamentos com doses mais altas, embora sem significância. A matéria seca também não diferiu entre os tratamentos, reflexo do estágio vegetativo das plantas aos 67 dias, quando o acúmulo de biomassa ainda é reduzido. Os valores ficaram abaixo dos níveis recomendados para a cultura. Embora as formulações de NPK tenham influenciado pouco o desenvolvimento inicial, o fósforo destacou-se como nutriente essencial para favorecer germinação e estabelecimento em solos de baixa fertilidade do Cerrado.
Palavras-chave: Fertilidade do solo; Fósforo; Produtividade agrícola.

Abstract

The study aimed to evaluate the effect of different NPK formulations on maize cultivation in typical Cerrado soil, using pots as the experimental environment. The soil exhibited low natural fertility, acidic pH, and low levels of phosphorus and exchangeable bases, characteristics common to the biome. The experiment was conducted in a randomized block design with six treatments varying combinations of nitrogen, phosphorus, and potassium, in addition to a control without fertilization. Germination rate was the most sensitive parameter to fertilization. The treatment with a high phosphorus dose (T4) showed

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

the highest emergence (62.5%), highlighting the importance of this nutrient in the initial development of seedlings. In contrast, treatments with high doses of nitrogen and potassium (T3, T5, and T6) presented lower germination rates, possibly due to osmotic stress caused by salt accumulation in the small soil volume. Plant height and stem diameter showed no statistical differences among treatments, indicating that early growth depends more on maize genetic potential than on nutritional management. A trend of greater development was observed in treatments with higher doses, although without statistical significance. Dry matter also did not differ among treatments, reflecting the vegetative stage of plants at 67 days, when biomass accumulation is still limited. The results indicate that NPK formulations influence the initial development of maize under pot conditions, demonstrating differences among the evaluated treatments. However, field-based studies are required to validate these findings.
Keywords: Soil fertility; Phosphorus; Agricultural productivity.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes formulaciones de NPK en el cultivo de maíz en suelo típico del Cerrado, utilizando macetas como ambiente experimental. El suelo presentó baja fertilidad natural, pH ácido y bajos niveles de fósforo y bases intercambiables, características comunes del bioma. El experimento se llevó a cabo en un diseño de bloques al azar, con seis tratamientos que variaron combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, además de un control sin fertilización. La tasa de germinación fue el parámetro más sensible a las fertilizaciones. El tratamiento con dosis elevada de fósforo (T4) mostró la mayor emergencia (62,5%), evidenciando la importancia de este nutriente en el desarrollo inicial de las plántulas. En contraste, los tratamientos con dosis altas de nitrógeno y potasio (T3, T5 y T6) presentaron menores tasas de germinación, posiblemente debido al estrés osmótico provocado por la acumulación de sales en un pequeño volumen de suelo. Las variables altura y diámetro no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que indica que, en la fase inicial, el crecimiento depende más del potencial genético del maíz que del manejo nutricional. Se observó una tendencia de mayor desarrollo en los tratamientos con dosis más altas, aunque sin significancia estadística. La materia seca tampoco difirió entre los tratamientos, reflejo del estado vegetativo de las plantas a los 67 días, cuando la acumulación de biomasa aún es reducida. Los resultados indican que las formulaciones de NPK influyen en el desarrollo inicial del maíz bajo condiciones de maceta, evidenciando diferencias entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, son necesarios estudios en condiciones de campo para la validación de los resultados.
Palabras clave: Fertilidad del suelo; Fósforo; Productividad agrícola.

1. Introdução

O Cerrado brasileiro, reconhecido como um dos biomas mais importantes para a expansão agrícola do país, vem sendo intensamente explorado para uso agrícola (Ferreira e Lino, 2021). Esse bioma ocupa 25% do território brasileiro e está presente em 11 estados (Lima et al., 2023), sendo Goiás um dos estados que mais se destacam pelo crescimento da agropecuária (Ferreira e Lino, 2021).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no ano de 2023, os maiores valores de produção agrícola no estado de Goiás foram provenientes da soja, cana-de-açúcar e o milho (IBGE, 2025), evidenciando a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

importância dessas culturas para a economia estadual. Nos últimos anos, o cultivo do milho no Brasil tem sido marcado por avanços tecnológicos que impulsionaram a produção (Coelho, 2006). No ano de 2023, foram produzidas mais de 14 milhões de toneladas de milho no estado de Goiás, com destaque para a produção de grãos, que representa a maior parte da colheita. Além disso, o milho ocupou 1,8 milhões de hectares na safra 2024/2025 no estado e atingiu produtividade de 7,0 toneladas por hectare, representando aumentos de 3,8% na área plantada e de 6,9% na produtividade em relação à safra anterior (Goiás, 2025).

Apesar do crescimento expressivo da agropecuária no estado, uma das principais barreiras para a produtividade agrícola é a baixa fertilidade do solo, que pode limitar o desenvolvimento de culturas como o milho (Santi et al., 2024). Os solos de Goiás são caracterizados como profundos, porosos, permeáveis e pobres em nutrientes, possuindo baixa fertilidade natural (Nascimento, 2017). Portanto, seu manejo adequado é essencial para o cultivo de diferentes tipos de culturas, incluindo o milho.

De acordo com Coelho (2006), a cultura do milho demanda solos de alta qualidade e fertilidade adequada. Esses fatores são essenciais para garantir o sucesso em todas as etapas do cultivo. No estado de Goiás, a fertilidade naturalmente baixa do solo exige práticas de manejo específicas, como a correção da acidez e a adubação com Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K).

O Nitrogênio é um macronutriente essencial para o milho, sendo absorvido e exportado em grandes quantidades durante as colheitas; o Fósforo por sua vez, desempenha um papel crucial no desenvolvimento e na fisiologia da planta, enquanto o Potássio é o segundo elemento mais absorvido, diretamente relacionado à produção (Sousa e Lobato, 2004). Diante desse cenário, diversos autores já pesquisaram a eficiência de diferentes dosagens de N, P e K na cultura do milho (Melo e Pimenta, 2020; Valderrama et al., 2011; Silva et al., 2017; Coelho 2006; Bizinoto et al., 2016), evidenciando a importância da aplicação balanceada desses nutrientes para otimizar o crescimento das plantas, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do grão. No entanto, ainda há uma carência de pesquisas que abordem formulações específicas para as condições

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

edafoclimáticas do Cerrado, especificamente para o estado de Goiás. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes formulações de NPK no desenvolvimento inicial do milho cultivado em solo do Cerrado goiano sob condições controladas em vasos.

2. Metodologia

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi desenvolvido no Centro Universitário FAMA, localizado no município de Anápolis, Goiás, Brasil. O município apresenta clima típico do Cerrado, caracterizado por um período chuvoso concentrado no verão e meses de estiagem durante o inverno. As temperaturas ao longo do ano mantêm-se amenas, e a região situa-se em área de altitude elevada, acima de mil metros (GOIÁS, 2023).

O solo empregado no experimento foi coletado na área da FAMA, em Anápolis, GO, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade. As amostras foram submetidas a análises físicas e químicas, cujos resultados encontram-se na Tabela 1. O material apresentou textura argilosa, com teores de 470 g/kg de argila, 110 g/kg de silte e 420 g/kg de areia. Foram determinados os valores de pH em $CaCl_2$, saturação por bases, capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica, além dos teores de macronutrientes (Ca, Mg, K, P, S, Na) e micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, B). De modo geral, o solo caracterizou-se como ácido, de baixa fertilidade natural e com reduzida disponibilidade de fósforo e bases trocáveis, condições típicas de solos do Cerrado.

Tabela 01: Característica físicas e químicas do solo da FAMA, Anápolis, GO, Brasil.

Características	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
Textura (g/Kg)		
Argila	470,0	470,0
Silte	110,0	110,0
Areia	420,0	420,0
Complexo sortivo		
Ca (cmolc/dm^3)	1,1	0,3
Mg (cmolc/dm^3)	0,4	0,2

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

Al (cmolc/dm^3)	0,0	0,2
H+Al (cmolc/dm^3)	2,3	2,3
K (mg/dm^3)	37,1	28,4
P (mg/dm^3) (Mehlich -1)	1,4	0,5
S (mg/dm^3)	2,0	4,2
Na (mg/dm^3)	4,2	4,1
Zn (mg/dm^3)	1,9	1,8
B (mg/dm^3)	0,0	0,0
Cu (mg/dm^3)	1,6	1,4
Fe (mg/dm^3)	101,2	84,9
Mn (mg/dm^3)	5,4	4,3
CTC	3,91	2,89
Saturação por bases (%)	41,13	20,34
Matéria Orgânica (mg/dm^3)	14,0	13,0
pH ($CaCl_2$)	5,0	4,8

2.2 EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 8 L, preenchidos com solo coletado na camada superficial de 0–20 cm. Cada vaso foi considerado como uma unidade experimental, no qual foram semeadas 4 sementes de milho. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os blocos foram definidos com base em na posição dos vasos no local experimental, com o objetivo de reduzir a variabilidade experimental não controlada. Em cada bloco, os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória. Os tratamentos consistiram em diferentes combinações de adubação NPK, conforme descrito na Tabela 2.

.

Tabela 2: Tratamentos experimentais com diferentes doses de NPK

Tratamento	Condição	Dosagem de NPK (Kg/ha)
T1	Controle (sem adubação)	0-0-0
T2	Dose moderada NPK	120-60-60
T3	Dose elevada de N	180-60-60

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

T4	Dose elevada de P	120-90-60
T5	Dose elevada de K	120-60-90
T6	Combinação otimizada +P+K elevados)	180-90-90

As formulações de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) foram incorporadas ao solo antes da semeadura, utilizando-se as seguintes fontes de nutrientes: ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O). Para viabilizar a aplicação das diferentes doses, os valores em kg/ha foram convertidos para gramas por vaso (Tabela 3).

Tabela 3: Doses de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio aplicadas nos tratamentos

Tratamentos	Ureia (g)	Superfosfato simples (g)	Cloreto de potássio (g)
T1	0,00	0,00	0,00
T2	1,07	3,06	0,48
T3	1,60	3,06	0,48
T4	1,07	4,58	0,48
T5	1,07	3,06	0,72
T6	1,60	4,58	0,72

Após o preparo do solo e o preenchimento dos vasos, procedeu-se à semeadura, utilizando quatro sementes do híbrido de milho BP2201 VIP3 por vaso, totalizando 16 sementes por tratamento (4 sementes por repetição/vaso). Após a germinação e estabelecimento das plântulas, foi realizado o desbaste permanecendo apenas uma única planta por vaso. A irrigação foi realizada diariamente nos primeiros 30 dias após a semeadura e, posteriormente, em dias alternados, conforme a demanda hídrica das plantas. Aos 60 dias após a semeadura (DAS), foi efetuada a adubação de cobertura com ureia, seguindo as doses específicas estabelecidas para cada tratamento (Tabela 4).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

Tabela 4: Quantidade de cobertura de ureia por tratamento, 60 dias após a semeadura

Tratamento	Ureia por cobertura (g/vaso)
T1 (0-0-0)	0,000
T2 (120-60-60)	1,189
T3 (180-60-60)	1,778
T4 (120-90-60)	1,189
T5 (120-60-90)	1,189
T6 (180-90-90)	1,778

2.3 PARÂMETROS ANALISADOS

Para avaliar o cultivo de milho em vasos sob diferentes formulações de NPK, foram analisados: i) a taxa de germinação, ii) crescimento em altura e diâmetro das plantas e iii) a matéria seca. As avaliações do crescimento em altura e diâmetro; e do peso verde foram realizadas aos 67 dias após a semeadura (DAS) (Figura 1). Na mesma data, o material foi conduzido à estufa para determinação da matéria seca (MS).



Figura 1: Milhos em vasos aos 67 dias após a semeadura

A germinação foi avaliada por meio da contagem do número total de sementes germinadas por tratamento, sendo os dados analisados de forma descritiva, sem distinção entre as repetições. A porcentagem de germinação foi obtida dividindo-se

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

o número de sementes que germinaram em cada tratamento pelo total de sementes semeadas (16) e, em seguida, multiplicando esse valor por 100 (Equação 1).

$$Total\ de\ germinação\ (\%) = \frac{Total\ de\ sementes\ germinadas}{16}\ x\ 100 \qquad \text{Equação 1}$$

Para a mensuração da altura das plantas, foi utilizada uma trena, tomando como referência o ponto de inserção da planta no solo até a lâmina foliar de maior desenvolvimento (Figura 2A). Já para diâmetro, as medidas foram obtidas por meio de um paquímetro, posicionado cerca de 5 cm acima do solo (Figura 2B).

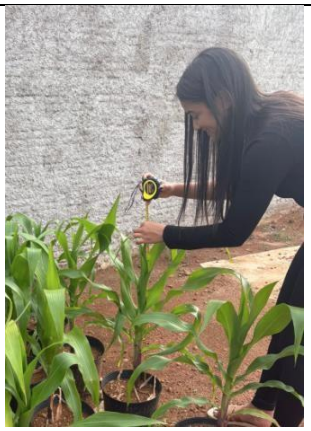

Figura 2A: medição da altura



Figura 2B: medição do diâmetro

Para análise da matéria seca, foi realizado o seccionamento das plantas a 5 cm da superfície do solo. Após o corte, cada planta foi pesada para obtenção do valor do peso verde (g). Posteriormente, o material foi acondicionado em sacos de papel e as amostras foram transferidas para estufa de circulação forçada de ar, mantida a 65 °C, onde permaneceram até alcançar peso seco constante. Após a estabilização do peso seco, a matéria seca (MS) foi determinada com base na relação entre a massa seca e a massa verde da planta, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) (Equação 2), conforme metodologia sugerida por Lacerda et al. (2009).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

$$Matéria\ seca\ (\%) = \frac{Peso\ seco\ (g)}{peso\ verde(g)}\ x\ 100 \qquad \text{Equação 2}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o modelo estatístico correspondente ao delineamento em blocos casualizados, no qual os tratamentos foram considerados como efeito fixo e os blocos como fator de controle da variabilidade experimental. Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

3.1 TAXA DE GERMINAÇÃO

Observou-se variação no número de sementes germinadas entre os tratamentos, indicando diferenças no comportamento inicial da cultura (Tabela 5). No entanto, como os dados foram avaliados de forma agregada por tratamento, sem distinção entre as repetições, a análise foi conduzida de forma descritiva. Ressalta-se que, devido à forma de coleta dos dados, não foi possível realizar análise estatística inferencial para a variável germinação.

Tabela 5: Taxas de germinação das sementes por tratamento

Tratamentos	Taxa de germinação (%)
T1	50,0
T2	50,0
T3	37,5
T4	62,5
T5	25,0
T6	25,0

A maior taxa de germinação observada em T4 pode estar associada à maior disponibilidade de fósforo, uma vez que esse nutriente participa de processos bioenergéticos essenciais durante a emergência (Khan et al., 2023). Ainda de acordo com esses autores, o fósforo integra compostos de alta energia, como o ATP e participa da formação de moléculas orgânicas (ácidos nucleicos,

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

fosfolipídios) que sustentam divisões celulares e mobilização de reservas no embrião. Além disso, estudos com diferentes espécies também associam maior teor de fósforo (na semente ou no solo) a maior desenvolvimento inicial das plântulas, o que contribui para uma emergência mais rápida e uniforme (Yuganhar et al., 2022).

Em solos do Cerrado, a disponibilidade de fósforo é frequentemente limitada devido à alta capacidade de adsorção do nutriente por óxidos de ferro e alumínio, o que reduz sua disponibilidade para as plantas, mesmo quando presente no solo (Santos e Kliemann, 2005). Dessa forma, a resposta observada à adubação fosfatada neste estudo é coerente com a literatura, que aponta o fósforo como um dos principais fatores limitantes ao estabelecimento inicial das culturas em solos altamente intemperizados.

Além disso, em solos tropicais altamente intemperizados, como os Latossolos do Cerrado, o fósforo aplicado tende a ser rapidamente imobilizado em formas pouco disponíveis, exigindo manejo adequado para garantir sua eficiência agronômica (Santos e e Kliemann, 2005).

As menores taxas em T3 (N elevado), T5 (K elevado) e T6 (NPK elevados) podem estar associadas a possíveis efeitos osmóticos e/ou fitotóxicos associados às fontes fertilizantes, especialmente quando aplicadas em contato próximo às sementes ou em concentrações altas em pequeno volume do vaso (Bevilaqua et al., 1997). Altas concentrações de cloreto de potássio, por exemplo, próximo às sementes, podem aumentar a condutividade elétrica do meio e, consequentemente, provocar estresse osmótico que limita a absorção de água pela semente, reduzindo a emergência (Sangoi et al., 2009). Além disso, a ureia dependendo da forma e do momento de aplicação, tem sido associado à redução e comprometimento da germinação (Maciel et al., 2019). Assim, enquanto doses moderadas de nutrientes estimulam o estabelecimento, concentrações excessivas em espaço reduzido (8 L) podem ter efeito antagonista sobre a germinação, podem ter contribuído para os resultados observados nos T3, T5 e T6.

Os tratamentos T1 (sem adubação) e T2 (dose moderada de NPK) apresentaram germinação superior a T3, T5 e T6 possivelmente porque não houve

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

acúmulo excessivo de sais na região das sementes. No caso de T1, a ausência total de fertilizante pode ter evitado qualquer efeito fitotóxico inicial. Além disso, o solo utilizado no experimento, que é caracterizado como ácido e de baixa fertilidade (Sobral et al., 2015), pode ter contribuído para a germinação moderada observada, embora esse efeito não tenha sido diretamente avaliado no presente estudo. Ainda assim, por não receber fertilizantes, esse tratamento pode não ter sofrido o estresse osmótico presente nos tratamentos com doses elevadas, o que pode explicar seu desempenho superior a T3, T5 e T6. Já no T2, a dose moderada de NPK forneceu nutrientes em quantidade suficiente para favorecer o estabelecimento, mas sem elevar a condutividade elétrica do solo a níveis que prejudicassem a absorção de água pelas sementes, permitindo germinação semelhante ou superior à dos tratamentos com doses elevadas.

3.2 CRESCIMENTO EM ALTURA E DIÂMETRO

As médias de altura e diâmetro nos diferentes tratamentos estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6: Altura e diâmetro nos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
T1	54,00 a	1,17 a
T2	69,50 a	1,65 a
T3	70,25 a	1,72 a
T4	71,00 a	1,75 a
T5	74,25 a	1,76 a
T6	74,75 a	1,82 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

Os valores médios de altura não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Esse resultado indica que, nas condições avaliadas, não foi possível detectar efeito das formulações de NPK sobre essa variável.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

Apesar de não apresentar diferença significativa, foi observado tendência de maior altura nos T5 e T6, podendo estar associada, de forma hipotética, ao efeito fisiológico do potássio e da combinação elevada de NPK. O potássio desempenha papel fundamental na expansão celular, o que pode favorecer o alongamento das plantas (Sousa e Lobato, 2004). No entanto, a variabilidade entre plantas e o número reduzido de repetições podem ter limitado a detecção de diferenças entre os tratamentos.

Assim como na altura, não houve diferença significativa entre os tratamentos para o diâmetro do colmo. No entanto, o T6 apresentou valor médio numericamente superior; contudo, essa diferença não foi significativa ($p > 0,05$). Segundo Malavolta (2006), o diâmetro do colmo responde de forma mais evidente ao manejo nutricional em estágios posteriores, quando a planta intensifica o acúmulo de fotoassimilados e aumenta a demanda por K, Ca e N, o que pode estar relacionado a ausência de resposta nesse momento inicial.

Além disso, solos de baixa fertilidade, como o utilizado no experimento, muitas vezes sustentam o crescimento inicial, mas limitam respostas expressivas até que o milho atinja estádios de maior exigência nutricional (Sousa e Lobato, 2004). Assim, os resultados mostram que, até o período avaliado, não foram observadas diferenças significativas na espessura do colmo em função das doses de NPK, o que pode estar relacionado ao estágio inicial de desenvolvimento das plantas.

3.3 MATÉRIA SECA

Os teores de matéria seca (MS), expressos em porcentagem (%), para todos os tratamentos estão apresentados na Tabela 7

Tabela 7: Matéria Seca nos diferentes tratamentos

Tratamento	Matéria Seca (%)
T1	13,42 a
T2	14,19 a
T3	14,91 a
T4	15,31 a
T5	15,97 a
T6	13,72 a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

De acordo com Duarte et al. (2003), a MS é definida como a massa da planta obtida após secagem completa do material vegetal, representando o crescimento real acumulado sem a influência da água. Ainda de acordo com esses autores, o acúmulo de MS ocorre de forma contínua até a maturação dos grãos, sendo o florescimento o período de maior taxa de incremento, seguido pela translocação parcial dessa MS para os grãos. Nesse sentido, a determinação da MS é de extrema importância no cultivo do milho, especialmente para fins de produção de silagem e comercialização ou armazenamento de grãos (Cruz e Filho, 2003; Bodnár et al., 2018).

Ao avaliar os valores obtidos no presente trabalho, foi possível avaliar que não houve diferença significativa entre os tratamentos (T1 a T6), indicando que não houve diferença significativa na matéria seca entre os tratamentos avaliados ($p > 0,05$).

A ausência de diferença significativa na matéria seca total segue o mesmo padrão observado para a altura e o diâmetro do colmo. Este comportamento pode estar relacionado ao estádio inicial de desenvolvimento da cultura do milho no momento da avaliação, fase em que o acúmulo de biomassa ainda é reduzido e diferenças entre manejos nutricionais tendem a não se expressar (Cruz et al., 2006). Nas fases iniciais (vegetativas), o acúmulo de MS ainda é moderado e muitas vezes é mais dependente do potencial genético do híbrido do que de variações imediatas no suprimento de nutrientes (Fancelli e Dourado Neto, 2000). Além disso, solos com baixa fertilidade, como o utilizado no experimento, podem sustentar um crescimento inicial basal que mascara o efeito dos tratamentos até que a planta atinja estádios de maior exigência e inicie o rápido acúmulo de biomassa, quando o manejo de nutrientes se torna mais crucial (Sousa e Lobato, 2004).

Embora os tratamentos T5 e T4 tenham apresentado maiores valores médios de matéria seca, essas diferenças não foram estatisticamente significativas. No

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

entanto, todos os tratamentos apresentaram valores abaixo do recomendado para teor de MS da planta inteira do milho, que varia em torno de 30% (Cruz et al., 2021).

Os reduzidos valores de MS (13 a 15%) observados podem ser atribuídos à elevada participação do colmo e das folhas na biomassa total aos 67 dias após a semeadura. Nesse estágio, a planta ainda não apresenta espigas ou grãos, sendo formada majoritariamente por tecidos com alto teor de água. De acordo com Cruz e Filho (2003), nos estádios iniciais o colmo representa a principal fração da matéria seca, apresentando maior umidade e menor densidade energética. Somente nos estádios reprodutivos os grãos passam a predominar, elevando o teor de MS da planta. Além disso, o ambiente controlado pode reduzir a variabilidade natural do solo e das condições climáticas, limitando a extrapolação direta dos resultados para sistemas agrícolas reais.

4. Conclusão

Os resultados obtidos indicam que as diferentes formulações de NPK influenciam o desenvolvimento inicial do milho cultivado em solo do Cerrado goiano sob condições controladas em vasos, evidenciando variações no comportamento da cultura entre os tratamentos avaliados. Essas diferenças refletem a resposta do milho à disponibilidade de nutrientes em ambiente controlado, permitindo a comparação entre as formulações testadas. No entanto, ressalta-se que os dados obtidos se restringem às condições experimentais adotadas, não sendo possível extrapolar diretamente os resultados para sistemas de cultivo em campo. Dessa forma, estudos complementares em condições de campo são necessários para validar os efeitos observados e subsidiar possíveis recomendações agronômicas.

5. Limitações do estudo

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O experimento foi conduzido em condições controladas, utilizando vasos com volume restrito de solo, o que pode influenciar a dinâmica de disponibilidade de nutrientes, retenção de água e desenvolvimento

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

radicular das plantas, diferindo das condições de campo.

Além disso, a avaliação da germinação foi realizada de forma agregada por tratamento, sem distinção entre as repetições, o que impossibilitou a aplicação de análise estatística inferencial para essa variável.

O período de avaliação também se restringiu ao estágio inicial de desenvolvimento da cultura, não contemplando fases mais avançadas, como florescimento e enchimento de grãos, nas quais o manejo nutricional tende a apresentar efeitos mais expressivos.

Dessa forma, os resultados obtidos devem ser interpretados com cautela, sendo recomendada a realização de estudos complementares em condições de campo e com acompanhamento ao longo de todo o ciclo da cultura.

Referências

BEVILAQUA, G.A.; BROCH, D.L.; POSSENTI, J.C.; VILELA, F.A. Efeito do fertilizante e da umidade do solo na absorção de nutrientes e estabelecimento do trigo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.32, n.3, p.249-235, 1997.

BIZINOTO, E.L.; CLEMENTE, D.I.; ALVES, E.O.; ANDRADE, F.T.; FERREIRA, R.S.; NEVES, T.N.C.; Avaliação do efeito de diferentes doses de adubo NPK na seleção de híbridos de milho *Zea mays* L. **Anais**.... XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo: "Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar". Bento Gonçalves – RS, 2016, 5 p. Disponível em: < https://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/952.pdf>. Acesso em 15 mar 2025

BODNÁR, K.B.; MOUSAVI, S.M.N.; NAGY, J. Evaluation of dry matter accumulation of maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Acta Agraria Debreceniensis**, v. 74, s/n., p. 35-41, 2018. https://doi.org/10.34101/actaagrar/74/1661

COELHO, A.M. Nutrição e Adubação do Milho. **Circular Técnica 78**, s/v., s/n., Embrapa, p. 1-10, 2006.

CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P. Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita. **Circular Técnica da Embrapa**, v.112, s/n., p. 1-7, 2003.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.P.; CONTIJO NETO, M.M.G. **Milho para Silagem**. 2021. Disponível em: < https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-arasilagem?_82_languageId=en_US&_82_redirect=%2Fagencia-

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

de-informacaotecnologica%2Fcultivos%2Fmilho%2Fproducao%2Fsistemas-diferenciais-decultivo%2Fmilho-parasilagem&_82_struts_action=%2Flanguage%2Fview&p_auth=8s9El3OV&p_p_id=82 &p_p_lifecycle=1&p_p_mode=view&p_p_state=normal&utm>. Acesso em 05 dez 2025.

FERREIRA, R.M.; LINO, E.N.S. Expansão agrícola no Cerrado: o desenvolvimento do agronegócio no estado de Goiás entre 2000 a 2019. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 79, p. 01-17, 2021. doi.org/10.14393/RCG227951217

FRANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho** (produção). Guaíba: Agropecuária, 2000.

FRANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

GOIÁS. **Produção de grãos em Goiás deve avançar 17% na safra 2024/2025**. Disponível em: < https://goias.gov.br/agricultura/producao-de-graos-em-goias-deveavancar-17-na-safra-2024-2025/>. Acesso em 03 dez 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agropecuária**: Ano base 2023. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/go> Acesso em 15 mar 2025

KHAN, F.; SIDDIQUE, A.B.; SHABALA, S.; ZHOU, M.; ZHAO, C. Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. **Plants (Basel)**, v.12, n.15, 2861. doi: 10.3390/plants12152861

LIMA, P.A.F.L.; ALBUQUERQUE, L.B.; GATTO, A.; MALAQUIAS, J.V.; AQUINO, F. G.; Establishment of native seedlings species as an indicator of ecological restoration of riparian forest, Cerrado, DF, Brazil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, e202002131, p. 1-12, 2023. doi.org/10.4336/2023.pfb.43e202002131

MACIEL, D.C.; AMARAL, R.S.S.; PEREIRA, L.L.; NETTO, D.A.M.; PASSOS, A.M.A. tempos de contato e níveis de mistura de ureia com sementes de *Braquiária brizantha* cv. marandu para sistemas integrados. **Centro Científico Conhecer**, v.16 n. 30; p. 740-478, 2019.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição**: mineral de plantas. Viçosa: Agronomica Ceres, 2006.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

MELO, R.E.; PIMENTA, R.M.B. Adubação NPK para o milho tipo crioulo, variedade cateto amarelo. **Ambiência Guarapuava**, v.16, n.1, p. 1002-1011, 2020. DOI:10.5935/ambiencia.2020.01.02

NASCIMENTO, D.T.F. Caracterização ambiental do Estado de Goiás e Distrito Federal como insumo à gestão dos recursos hídricos. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v. 6, n. 2, p. 34-50, 2017. Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/7309/5072

REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. Adubação com enxofre. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Orgs.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 227-244.

RESENDE, A.V. **Adubação com micronutrientes no Cerrado**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília: Embrapa Cerrados, 2003.

SANTOS, E.A.; KLIEMANN, H.J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 35, n.3, p. 139-146, 2005

SANTI, A.L.; GUTHEIL, A.; CONTI, A.F.; BORGES, M.A.F.; PIETROSKI, J.P.; SCHARDONG, V.E.; ROSSI, E. Diagnostico da variabilidade espacial e vertical da fertilidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v.10, n.10, p.01-15, 2024. DOI:10.34117/bjdv10n10-029

SILVA, W. C.; MOTA, A. M. D.; SILVA, C. S.; BRITO, L. L. M.; SILVA, J. M. F.; CAMARA, F. T. Resposta do milho a doses de NPK na semeadura e de N em cobertura em sistema de plantio convencional. **Espacios**, v. 38, n. 36, p. 21-31, 2017. Disponível em: < https://www.revistaespacios.com/a17v38n36/a17v38n36p21.pdf>

SOBRAL, L.F.; BARRETO, M.C.V.; SILVA, A.J.; ANJOS, J.L. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUSA, D.M.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
Trop., v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011. Disponível em: < https://www.scielo.br/j/pat/a/WvLqT7v9CMvk9BWTynZpShn/?format=pdf&lang=pt >

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 23/04/2026
Vol: 13.07
DOI: 10.66104/hyt4qa21
Pages: 1-18

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; TEXEIRA FILHO, M.C.M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesq. Agropec.**, v. 41, n.2, p. 254-263, 2011

YUGANDHAR, P.; VERONICA, N.; SUBRAHMANYAM, D.; BRAJENDRA, P.; NAGALAKSHMI, S.; SRIVASTAVA, A.; VOLETI, S.R.; SARLA, N.; SUDARAM, R.M.; SEVANTHI, A.M.; SINGH, A.K.; MANGRAUTHIA, S.K. Revealing the effect of seed phosphorus concentration on seedling vigour and growth of rice using mutagenesis approach. **Scientific Reports**, v.12, n.1203, p. 1-22, 2022. https://doi.org/10.1038/s41598-022-04983-9