



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOABE DE MEDEIROS PEREIRA

**RESPOSTAS NA PRODUTIVIDADE DO MILHO COM USO DE FERTILIZANTES
MISTOS VIA SEMENTE E FOLIAR**

**AREIA
2025**

JOABE DE MEDEIROS PEREIRA

**RESPOSTAS NA PRODUTIVIDADE DO MILHO COM USO DE FERTILIZANTES
MISTOS VIA SEMENTE E FOLIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso em
Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Mielezrski

Coorientador: Msc. Júlio Sérgio Leite da Silva

**AREIA
2025**

P436r Pereira, Joabe de Medeiros.

Respostas na produtividade do milho com uso de fertilizantes mistos via semente e foliar / Joabe de Medeiros Pereira. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

45 f. : il.

Orientação: Fábio Mielezrski.

Coorientação: Júlio Sérgio Leite da Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Manejo de nutrientes. 3. Zea mays. 4. Desempenho produtivo. I. Mielezrski, Fábio. II. Silva, Júlio Sérgio Leite da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

JOABE DE MEDEIROS PEREIRA

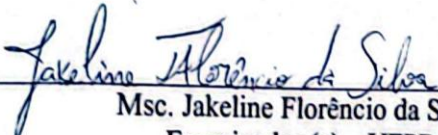
Trabalho de Conclusão de Curso em
Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 13/08/2025

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Mielezski
Orientador (a) – UFPB



Msc. Jakeline Florêncio da Silva
Examinador (a) – UFPB



Msc. João Henrique Barbosa da Silva
Examinador (a) – UFPB

Ao Meu Deus e a minha família, por sempre
estarem comigo,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao meu Senhor, que antes mesmo de eu nascer, Ele já me amava e já cuidava de cada parte da minha vida. Muito obrigado por tudo meu Jesus, sem Ti nada sou!

A minha mãe, Regina, por sempre ser minha amiga e confidente e, pelo apoio imprescindível de sempre. Por ter me ensinado os valores da vida, os quais me moldaram como ser humano.

Ao meu pai, Pereira, por ser a pessoa que eu mais admiro na vida, obrigado pelo exemplo que o senhor me deu, sempre deixou claro do orgulho que sentia por mim e, procurou me ajudar em todas as situações da minha vida. Obrigado por tudo papai!

Aos meus irmãos Jônatas e Jardelly, por sempre estarem presentes na minha vida.

Ao meu colega de turma, Thiago Gomes, por ser um amigo fiel e, me ajudar em todas as problemáticas acadêmicas.

A minha amiga Maria Clara Barros, por sempre me apoiar e me querer bem e, não me permitir perder o foco.

Aos meus orientadores durante a graduação, Prof.^a Yirina Valdez, Prof. Roseilton Fernandes, Prof. Roberto Wagner e Prof.^a Aline Mendes. Vocês foram responsáveis pela maior parte do conhecimento que adquiri durante toda a minha graduação.

Ao meu amigo e professor Fábio Mielezrski, obrigado pela orientação no presente trabalho e, sempre me incentivar a sair da zona de conforto.

A Lais, do Laboratório de Grandes Culturas e Plantas Daninhas, por me auxiliar durante todas as análises e formatação do trabalho. Aos meus colegas do NECAF, do grupo de estudos de Grandes Culturas e todos, que me ajudaram durante toda a confecção do presente trabalho.

RESUMO

O milho é uma das culturas mais cultivadas do mundo, onde obteve-se uma produção mundial na safra 24/25 de 1,21 bilhões de toneladas. O uso de fertilizantes mistos no milho proporciona melhores absorção dos nutrientes pela planta, influenciando seu crescimento e outras características agronômicas. Este estudo analisou a eficácia da aplicação de fertilizantes mistos, via tratamento de sementes e pulverização foliar, no híbrido de milho P3707PYH. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Chã-de-Jardim em Areia/PB. Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados (DBC) com 4 repetições e 8 tratamentos, totalizando 32 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram na aplicação de dois produtos (Produto A: fertilizante mineral misto com macro e micronutrientes via tratamento de sementes; Produto B: fertilizante mineral misto com micronutrientes via aplicação foliar) em diferentes estádios fenológicos (V_3 e V_8) e combinações, incluindo um tratamento testemunha. As variáveis avaliadas incluíram diâmetro médio de espiga, comprimento médio de espiga, número médio de fileiras por espiga, número médio de grãos por fileira por espiga, número de grãos por espiga, peso médio da espiga e produtividade. Os resultados demonstraram que, houve um aumento notável em variáveis cruciais como o número de fileiras por espiga, o número de grãos por espiga, o peso da espiga e, conseqüentemente, a produtividade. O Tratamento 3, que combinou a aplicação do Produto A via tratamento de sementes e do Produto B via foliar no estágio vegetativo V_3 , destacou-se por proporcionar o maior incremento na produtividade. O manejo otimizado de fertilizantes mistos, particularmente a combinação de aplicação via semente e foliar em estádios fenológicos específicos, é uma estratégia eficaz para maximizar o rendimento do milho, especialmente em condições de sequeiro e solos com baixa fertilidade natural. A pesquisa ressalta a importância da disponibilização adequada de micronutrientes essenciais, como zinco, boro e molibdênio, para o desenvolvimento e produtividade da cultura. Recomenda-se a continuidade de estudos para validar esses resultados em diversas condições edafoclimáticas e para investigar os efeitos residuais a longo prazo desses fertilizantes no solo e em culturas subsequentes.

Palavras-Chave: manejo de nutrientes; *Zea mays*; desempenho produtivo.

ABSTRACT

Maize is one of the most cultivated crops globally, with a worldwide production of 1.21 billion tons in the 24/25 harvest. The use of mixed fertilizers in maize promotes better nutrient absorption by the plant, influencing its growth and other agronomic characteristics. This study analyzed the efficacy of mixed fertilizer application, via seed treatment and foliar spray, in the P3707PYH maize hybrid. The experiment was conducted at the Chã-de-Jardim Experimental Farm in Areia/PB. A randomized block design (RBD) was used with 4 replications and 8 treatments, totaling 32 experimental units. The treatments consisted of the application of two products (Product A: mixed mineral fertilizer with macro and micronutrients via seed treatment; Product B: mixed mineral fertilizer with micronutrients via foliar application) at different phenological stages (V₃ and V₈) and combinations, including a control treatment. The evaluated variables included average ear diameter, average ear length, average number of rows per ear, average number of grains per row per ear, number of grains per ear, average ear weight, and yield. The results demonstrated a notable increase in crucial variables such as the number of rows per ear, the number of grains per ear, ear weight, and consequently, yield. Treatment 3, which combined the application of Product A via seed treatment and Product B via foliar spray at the V₃ vegetative stage, stood out by providing the highest increase in yield. Optimized management of mixed fertilizers, particularly the combination of seed and foliar application at specific phenological stages, is an effective strategy to maximize maize yield, especially under rainfed conditions and in soils with low natural fertility. The research highlights the importance of adequate availability of essential micronutrients, such as zinc, boron, and molybdenum, for crop development and productivity. Further studies are recommended to validate these results under diverse edaphoclimatic conditions and to investigate the long-term residual effects of these fertilizers on the soil and subsequent crops.

Keywords: nutrient management; *Zea mays*; productive performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Areia-PB dentro do território da Paraíba, destacada em circular vermelho	23
Figura 2 – Área experimental da Fazenda Chã-de-Jardim vista através de imagens de satélite, com a área utilizada no experimento destacada em vermelho.....	24
Figura 3 – Registros mensais de precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima, registradas durante a realização do experimento.....	24
Figura 4 – Croqui da área experimental, localizada na fazenda experimental Chã-de-Jardim, no município de Areia-PB.....	26
Figura 5 – Plantas de milho na época da colheita, em momento pré-colheita.....	28
Figura 6 – Balança utilizada na medição do peso das espigas analisadas.....	30
Figura 7 – A - Debulhadora mecânica modelo DM50 Trapp, utilizada na debulha das espigas de milho; B - Peneira de construção utilizada no processo de peneiramento dos grãos recém debulhados.....	31
Figura 8 - Balança eletrônica utilizada para pesagem dos grãos peneirados durante a estimativa da produtividade (PROD)Peneira utilizada no processo de peneiramento do milho recém debulhado.....	32
Figura 9 – Efeito da adubação com fertilizantes mistos em tratamento de sementes e via foliar no experimento na cultura do milho sobre a variável produtividade (PROD)	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental na fazenda Chã-de-Jardim em Areia, Paraíba, Brasil no ano de 2024.....	24
Tabela 2 – Caracterização dos tratamentos experimentais.....	26
Tabela 3 – Atributos químicos do solo de cada tratamento experimental, localizados na área de experimentação na Fazenda Chã-de-Jardim, em Areia-PB.....	33
Tabela 4 - Resumo da análise de variância do experimento com a cultura do milho, submetido a adubação com fertilizantes mistos em tratamento de sementes e via foliar. As variáveis analisadas foram: comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de espiga (PE) e produtividade (PROD)	34
Tabela 5 - Efeito da adubação com fertilizantes mistos em tratamento de sementes e via foliar na cultura do milho sobre o comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de espiga (PE).....	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Importância econômica da cultura do milho.....	13
2.2. Exigências nutricionais da cultura	14
2.2.1. Influência do N em plantas de milho	15
2.2.2. Influência do P em plantas de milho.....	16
2.2.3. Influência do K em plantas de milho.....	16
2.2.4. Influência do Mg em plantas de milho	17
2.2.5. Influência do S em plantas de milho.....	18
2.3. Fertilizantes	19
2.3.1. Definição.....	19
2.3.2. Classificação	19
2.3.2.1. <i>Fertilizantes sólidos</i>	19
2.3.2.2. <i>Fertilizantes líquidos</i>	20
2.3.2.3. <i>Fertilizantes em pó</i>	21
2.3.2.4. <i>Fertilizantes granulados</i>	21
2.3.2.5. <i>Fertilizantes simples</i>	21
2.3.2.6. <i>Fertilizantes mistos e/ou misturas de fertilizantes</i>	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Caracterização da área	23
3.2. Caracterização do experimento	25
3.3. Descrição da colheita.....	28
3.4. Análises dos componentes de rendimento.....	29
3.4.1. Diâmetro médio de espiga (DE)	29
3.4.2. Comprimento médio de espiga (CE)	29
3.4.3. Número médio de fileiras por espiga (NFE)	29
3.4.4. Número médio de grãos por fileira por espiga (NGF)	29
3.4.5. Número de grãos por espiga (NGE)	30
3.4.6. Peso médio de espiga (PE)	30
3.4.7. Produtividade (PROD).....	31
3.5. Amostragem do solo das parcelas experimentais.....	32

3.6. Análises estatísticas	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5. CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família das Poaceae, tribo Maydeae, gênero *Zea*, é uma das principais culturas agrícolas cultivada em todo o mundo, com valor alcançado de produção mundial na safra 2024/25 em 1,21 bilhões de toneladas (USDA, 2024). Possivelmente, o milho é originário do continente americano, visto ser possível encontrar nesses locais os parentes mais próximos como o teosinte e o tripsacum (Galvão *et al.*, 2017), sendo os países como Estados Unidos, China, Brasil, Argentina, Ucrânia e África do Sul os maiores produtores dessa commodity (Faverin, 2025). No Nordeste do Brasil, o principal produtor é a Bahia, com previsão de cerca de 3,1 milhões de toneladas (IBGE, 2023). A produção nacional é liderada pelo estado de Mato Grosso, onde na safra 2024/25 obteve-se 48,885 milhões de toneladas, valor superior a safra 2023/24 (IMEAmt, 2025).

Com relação à adubação, os principais métodos de recomendação de corretivos e fertilizantes usados no país, baseiam-se na avaliação da fertilidade do solo segundo os extratores Mehlich-1 ou resina, em forma mista. Onde, através dos resultados expressos por esses extratores, as doses de fertilizantes e corretivos são analisadas e, posteriormente recomendadas. (Teixeira *et al.*, 2017, Galvão *et al.*, 2017). De acordo com Coelho (2006), a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumentam linearmente com o aumento na produtividade, ou seja, a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguido de cálcio, magnésio e fósforo. Sendo assim, pela grande importância e resposta da cultura ao manejo eficiente, diversos processos tecnológicos têm sido adotados ao longo dos anos, no intuito de propiciar maior eficiência nutricional a cultura, bem como garantir maiores valores de produtividade, uma prática a ser citada é a utilização de cultivares com genótipos híbridos para cada área de cultivo, adaptados às condições particulares, da área ao qual está inserido (Cruz *et al.*, 2021). Apesar dos avanços tecnológicos vistos no cotidiano da cultura, problemas relacionados à fertilidade do solo, bem como adubação insuficiente, ainda são comumente observados em território nacional, reduzindo significativamente a produtividade da cultura (Brito *et al.*, 2023).

Um dos principais motivos relevantes atrelados à produtividade do milho brasileiro, estão associados aos aspectos edafoclimáticos, bem como a adubação utilizada, onde em áreas

do Cerrado é possível cultivar de duas a até três safras de milho por ano, proporcionando maior abastecimento da commodity em todo o território nacional. (Galvão *et al.*, 2017, Fávaro, 2024). A utilização correta de fertilizantes e corretivos, possui grande potencial de aumento na produtividade e/ou produção da cultura do milho, principalmente em áreas onde solo possui fertilidade natural baixa, comum em algumas regiões produtoras, sendo assim a adição de nutrientes ao longo do ciclo da cultura, promoverá vantagens e aumentos na produção, pois é sabido que os fertilizantes, possuem capacidade de fornecer elementos essenciais, para o crescimento, desenvolvimento e sanidade das plantas, onde tal disponibilidade é de maneira rápida, quando utilizado fertilizantes mistos e minerais, por exemplo (Ribeiro *et al*, 2024).

Sob esse viés fundamental da adubação na cultura do milho, o trabalho em questão, possui como objetivo, a avaliação das respostas da produtividade do milho ao uso de fertilizantes mistos via tratamento de sementes e pulverização foliar, sob condições de sequeiro na microrregião do Brejo Paraibano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância econômica da cultura do milho

O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas mais cultivadas no mundo, ocupando posição de destaque no cenário agrícola global devido à sua versatilidade de uso na alimentação humana e animal, bem como na produção de biocombustíveis (Duarte *et al*, 2021). No Brasil, o milho é uma das principais commodities agrícolas, cultivado em praticamente todas as regiões do país, com elevado potencial produtivo intrinsecamente relacionado à fertilidade e ao manejo do solo (Conab, 2024). Em âmbito histórico, o milho é explorado desde os primórdios das atividades agrícolas, com diversas evidências apontando acerca de sua domesticação datada de cerca de 10.000 anos atrás, sendo o principal cultivo de diversas civilizações, participando ativamente na ascensão de diversos povos antigos (Galvão *et al*, 2017, Machado, 2024).

No cenário nacional, a área plantada com milho tem apresentado crescimento significativo. Na safra 2024/25, a área cultivada no Brasil foi estimada em aproximadamente 21,7 milhões de hectares, com uma produção de cerca de 137 milhões de toneladas (IBGE, 2025, Agroadvance, 2024). A produtividade média nacional para a safra em questão, foi de aproximadamente 6,3 toneladas por hectare (Conab, 2025). A contribuição do milho para o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro é substancial, embora dados específicos para o milho isoladamente sejam complexos de isolar, o Valor Bruto da Produção (VBP) do milho alcançou R\$ 128,2 bilhões, sendo o terceiro maior VBP entre as culturas no Brasil (Agrolink, 2024). O agronegócio como um todo representou cerca de 23,5% do PIB brasileiro em 2024 (CNA, 2025).

Na Região Nordeste, a cultura do milho também desempenha um papel importante, a produção regional de milho para a safra 2021/2022 foi de aproximadamente 11 mil toneladas, com projeções de crescimento (BNB, 2022). A produtividade média na região Norte e Nordeste foi de 5.761 kg por hectare em 2023/2024, o Paraíba, em particular, tem demonstrado um crescimento na produção de grãos (CONAB, 2024). Para a safra 2024/25, a produção de grãos na Paraíba registrou uma produção de 72 mil toneladas, e uma área plantada de 169.000 hectares, para efeito de comparação, a produtividade média na Paraíba na safra de 2022/23 foi de 469 kg/hectare, já na safra de 24/25, a produtividade foi de cerca de 447 kg/ha, uma redução

de cerca de 4,8% (IBGE, 2025). Embora haja relatos de baixa produtividade devido a fatores ambientais e tecnológicos (Contini *et al*, 2019).

Apesar do aumento significativo na produção e do grande e diverso consumo, o Brasil ainda enfrenta desafios na produção de milho em áreas agrícolas nacionais. Dentre eles, destacam-se a falta de padronização na formação de preços, ausência de oportunidades de financiamento interno, dificuldades no escoamento da produção, bem como valores de produtividades em algumas regiões relacionadas à falta de tecnificação e/ou modalidade de produção, além disso alguns problemas relacionados à logística de exportação e, flutuabilidade dos preços, se enquadram nas problemáticas observadas (Coelho, 2006, CNA, 2024).

2.2. Exigências nutricionais da cultura

Durante os últimos anos, grandes mudanças e melhorias tecnológicas estão presentes na cultura do milho, resultando em aumento significativo da produção e produtividade (Miranda *et al*, 2021). Além disso, com a melhoria da qualidade dos solos, através de práticas sustentáveis, os valores de produção sustentável, tem sido maior ao longo dos anos, por isso durante o planejamento da adubação do milho, diversos fatores devem ser levados em consideração para o sucesso da cultura, sendo os principais: diagnose adequada dos problemas via análise de solo e água, bem como histórico de calagem e adubação das glebas, os nutrientes que devem ser considerado e utilizados em maior quantidade, para cada caso particular, além disso deve-se atentar às quantidades presentes de N, P e K determinadas pela análise de solo e as exigidas pela cultura, onde na maioria dos manuais de recomendação (ex: Boletim 100 - IAC, 5ª aproximação - MG), as doses recomendadas são baseadas com base na produtividade esperada da cultura e histórico da área (Coelho, 2006, Yara Brasil, 2018, Coelho *et al*, 2021).

A fonte do fertilizante a ser utilizada é de suma importância e, fator determinante para a cultura, principalmente por estar relacionada com o período de aplicação, onde recomenda-se a aplicação em, períodos de que antecedem ou durante as chuvas, pois a água oriunda das precipitações pluviométricas, auxiliam na solubilização e incorporação no solo, dos nutrientes fornecidos pelos fertilizantes minerais e/ou sólidos, outro problema comumente observado é acerca da volatilização, onde principalmente em fertilizantes amoniacais, ocorrem perdas de nitrogênio através da evaporação da amônia, ao serem introduzidos em solos quentes e secos (SIBCS - RS, 2004, Cruz *et al*, 2008, Machado *et al*, 2025).

Os grandes valores de produtividade da cultura do milho estão intimamente relacionados, à distribuição adequada de nutrientes para a planta, especialmente com os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), diferentemente com relação aos micronutrientes, apesar da quantidade exigida pela cultura ser menor quando comparada aos macronutrientes, os micronutrientes possuem papel fundamental em diversos aspectos fisiológicos e morfofisiológicos da planta do milho (Galvão *et al*, 2017, Coelho *et al*, 2021). Sendo assim, deve-se entender da influência dos nutrientes em questão, nas plantas de milho, no intuito de garantir, a eficiência da produção.

2.2.1. Influência do N em plantas de milho

Segundo a 5ª aproximação, a adubação nitrogenada do milho pode variar entre 10 e 30 kg/ha, sendo denominada por Ribeiro *et al*, 1999, Coelho, 2006 e, Lana *et al*, 2009, como adubação de arranque. Esse tipo de adubação, não está relacionada com a produtividade, por isso independe da produtividade desejada (Galvão *et al*, 2017). Em suma, o que define a recomendação da dose de N, é o histórico da área e a quantidade de N expressa na análise de solo (Coelho, 2006, Galvão *et al*, 2017). Caso a área possua histórico com o plantio de leguminosas, por exemplo a soja, que fixa o N₂ atmosférico, as recomendações podem ficar no intervalo mínimo de 10 kg/ha, caso seja a implantação seja em área de plantio direto, possuindo normalmente alta quantidade de palhada com elevada relação C/N, as recomendações são próximas ao intervalo máximo de 30 kg/ha, na maioria dos casos (Galvão *et al*, 2017, Coelho *et al*, 2021, Miranda *et al*, 2021.).

Rendimentos elevados de milho demandam a aplicação de adubos nitrogenados, onde, os solos de maneira geral, não suprem a exigência da cultura, pois o N é fundamental ao desenvolvimento das plantas de milho (França *et al*, 2011, Migliavacca *et al*, 2012). Permitindo um significativo aumento na área foliar e na produção da massa de matéria seca, resultando maior produtividade de grãos, pelo fato de ser um elemento essencial para as plantas, o N possui papel essencial na constituição de biomoléculas e inúmeras enzimas, pois o nitrogênio é constituinte importante de diversos amidos, ácidos nucleicos, nucleotídeos, ATP, NADH, clorofila e proteínas (UFESM, 2019). Baseado nisso, a deficiência de N nas plantas reduz significativamente a produtividade e, a má formação dos grãos, além disso a falta de nitrogênio nas plantas de milho, redução do índice de área foliar e diminuição do número de espigas,

número de grãos por espiga, bem como enchimento de grãos (Galvão *et al*, 2017, UFSM, 2019, Miranda *et al*, 2021).

2.2.2. Influência do P em plantas de milho

Predominantemente, a adubação fosfatada do milho, dependerá da disponibilidade de P no solo, devendo ser aplicado de maneira direta no sulco de plantio, de modo a atender a necessidade da cultura, um ponto interessante e importante da cultura do milho, é a sua alta resposta e exigência quanto aos teores mínimos de exigência de P no solo, sendo assim, a produtividade é limitada quando os teores de P são baixos, mesmo quando se sugere doses mais elevadas. Isso ocorre por conta de sua relação com N, pois quando os valores de P no solo são abaixo do recomendado, a absorção do N é limitante (Bastos *et al*, 2009, Galvão *et al*, 2017, Pizol, 2023). Ou seja, solos com baixos teores de P, geralmente não são recomendados para o cultivo de milho, como ocorre em solos recém-abertos no Cerrado, por conta da dificuldade na absorção do N (Coelho *et al*, 2021).

Por isso, em áreas comerciais, a implantação da cultura é realizada em áreas previamente cultivadas com leguminosas, especialmente soja (Galvão *et al*, 2017). A aplicação do adubo fosfatado, deve ser feita de maneira parcelada, caso a dose recomendada ultrapasse a dose máxima de 60 kg/ha de K₂O, principalmente em solos mais arenosos, onde toda a dose deve ser desposta em até 30 dias, no intuito de reduzir perdas por lixiviação e o elevado efeito salino de KCl, podendo o parcelamento ser feito em conjunto com cobertura de N (Coelho, 2006, Galvão *et al*, 2017, Miranda *et al*, 2021).

Dentre as principais funções do P nas plantas do milho, vale-se ressaltar que, o fósforo é responsável pelo armazenamento e transferência de energia, como a glicose, ATP e frutose, também faz parte, da constituição dos nucleotídeos, participando das membranas fosfolipídicas, sendo o fósforo denominado como componente vital (Malavolta, 1980, Duarte, 2019).

2.2.3. Influência do K em plantas de milho

Com relação a adubação potássica, ao longo dos anos sua utilização foi amplamente aumentada, onde já na década de 70, o aumento estaria por volta de 70% ao ano, em âmbito histórico, o uso de fertilizantes potássicos, sempre tiveram uma problemática acerca, da falta

de disponibilidade em quantidade exigida no território brasileiro, onde ainda em 1980, todo o fertilizante era praticamente importado (Vasconcellos *et al*, 1981). Em âmbito de extração do potássio pela cultura do milho, o K é o principal cátion presente nas plantas de milho, sendo notado a diferença na velocidade de absorção quando comparado com os outros nutrientes (Bezerra *et al*, 2021). Além disso, possui papel enzimático multifacetado atuando no funcionamento de diversos processos enzimáticos, bem como no transporte de nutrientes e equilíbrio osmótico, a taxa de absorção é relativamente lenta até 30 dias pós-germinação, aumentando consideravelmente após esse período, podendo a absorção diária chegar em taxas de até 2,58 kg/ha/dia (Gamboa, 1980, Vasconcellos *et al*, 1981, Bezerra *et al*, 2021, Bonati, 2021).

Com relação a deficiência de K, em diversos estudos atestaram acerca da redução acentuada no porte da planta, onde as folhas mais velhas possuem necroses aparente, se iniciando nos ponteiros e margens, evoluindo para a nervura central, já com relação as espigas, por causa da deficiência desse nutriente, as espigas possuirão poucos grãos na extremidade, e com sementes soltas não “grudadas” ao sabugo (UFSM, 2021).

2.2.4. Influência do Mg em plantas de milho

No que diz respeito ao magnésio, sua principal importância é acerca da ativação de vários processos fundamentais no crescimento e desenvolvimento da planta (Altarugio *et al*, 2017). O principal processo relacionado ao Mg, é a fotossíntese, onde o elemento faz parte da clorofila, essa é responsável pela energia obtida pela planta, para o seu crescimento e produção. Tal elemento é essencial para os cloroplastos, onde as organelas que possuem os tilacóides, possuem compartimentos com a presença de magnésio em sua composição e, onde a energia solar é convertida em energia química através da fotossíntese, exercendo o papel de cofator e ativador de enzimas envolvidas na fixação de CO₂ (Altarugio *et al*, 2017, Nogueira, 2021). Relata-se ainda que, a deficiência desse elemento, pode afetar diretamente outros processos metabólicos além da fotossíntese, como a respiração e absorção de nutrientes (Santos Júnior, 2015). O magnésio, possui papel fundamental para o crescimento das plantas, onde os processos metabólicos e as reações influenciados pelo Mg incluem a fotofosforilação, fixação sintética do dióxido de carbono (CO₂), síntese proteica, formação de clorofila, carregamento dos nutrientes no floema e, separação e utilização dos fotoassimilados (Santos Júnior, 2015, Silva *et al*, 2019).

Segundo Malavolta (1989) e Malavolta et al, 2020, o magnésio possui função de ajudar na absorção e redistribuição do fósforo na planta. Onde, durante a maturação, o magnésio e fósforo movimentam-se juntos para as sementes, basicamente em caso de não haver Mg no solo, não haverá absorção de P pelas raízes. Além disso, segundo Santos Júnior (2015) e Silva *et al*, 2019, o magnésio ativa mais enzimas que qualquer outro nutriente mineral, exercendo grande influência na atividade celular e no crescimento vegetativo, sendo fundamental a adubação com magnésio, para garantir a eficiência produtiva. Benites (2012) relata ainda que, o magnésio exerce grande participação no enchimento dos grãos, e sua carência na fase reprodutiva afeta diretamente na produtividade das culturas.

2.2.5. Influência do S em plantas de milho

De acordo com Galvão *et al*, 2017 (2017), a 5ª aproximação retrata acerca da recomendação de 30 kg/ha de S quando forem utilizados adubos concentrados, que não contém esse elemento. Além disso, o enxofre atua em processos fisiológicos, como a constituição de aminoácidos essenciais, cistina, cisteína e metionina, levando à formação de proteínas que atuam diretamente no processo de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (Heiniger, 2018, Andrade *et al*, 2019). O enxofre é componente da tiamina, biotina e coenzima A, as quais atuam na fixação de nitrogênio pelas plantas e na fotossíntese, favorecendo o aproveitamento do nitrogênio para a cultura do milho (Malavolta *et al*, 1997).

Heiniger (2018) relata que o S não é facilmente remobilizado pelas plantas, como o N, das partes mais velhas para as mais novas da planta. Sendo assim, por conta da dificuldade de remobilização, a principal problemática envolvida no déficit de enxofre na planta, é o amarelecimento das folhas mais jovens das plantas, em plantas de pequeno porte, os sintomas de deficiência aparecem como clorose internerval das folhas emergidas do verticilo. Geralmente ao decorrer que a planta envelhece, a deficiência se torna mais pronunciada, com todas as todas as folhas amarelas e nervuras parcialmente verdes (Heiniger, 2018, Andrade *et al*, 2019).

Ocasionalmente, se a deficiência for leve e corrigida antes da diferenciação do ponto de crescimento, seja pelo crescimento da raiz em concentrações mais altas de enxofre ou por meio de ação corretiva, havendo pouco ou nenhum efeito da produtividade, caso a deficiência seja severa e/ou moderada e, durar mais de 21 dias após a emergência, pode haver efeitos significativos na produtividade (Heiniger, 2018).

2.3. Fertilizantes

2.3.1. Definição

De acordo com o Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, o fertilizante é caracterizado pela substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes das plantas.

2.3.2. Classificação

Segundo Lopes (1999), Malavolta *et al.* (2000) Zonta *et al.* (2019), os fertilizantes podem ser classificados em: fertilizante sólidos, líquidos ou fluídos, em pó, granulados, simples, mistos e minerais. Lopes (1999), cita ainda que, há existência de fertilizantes orgânicos, organominerais, complexos e composto.

2.3.2.1. Fertilizantes sólidos

Caracterizam-se como sendo, os fertilizantes apresentados na forma sólida e, os fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais se adequam a esse grupo (Malavolta et al, 2020, Zonta *et al*, 2019)

Fertilizantes Minerais: Composto por nutrientes extraídos de fontes minerais e, são produtos de natureza inorgânica, naturais ou sintéticos, fornecedores de nutrientes vegetais (Malavolta *et al.*, 2000). E podem ser divididos segundo a espécie de nutriente que contém, alguns exemplos são: fertilizantes minerais nitrogenados, fosfatados, potássicos, cálcicos e magnesianos. As vantagens dos fertilizantes minerais, segundo Malavolta *et al* (2000), incluem a alta concentração de nutrientes, garantindo a disponibilidade imediata dos nutrientes para as plantas, menor custo por unidade de elemento e, facilidade de aplicação imediata.

Fertilizantes Orgânicos: De acordo com Lopes (1999), o fertilizante misto é o fertilizante resultante de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes das plantas, como exemplo de fertilizante orgânico de origem animal pode-se citar: esterco de animais, húmus de minhoca, farinha de ossos e carne e cama de aviário, diferentemente de origem vegetal, composto orgânico, torta de mamona, resíduos vegetais e cinzas. Uma das principais vantagens do adubo orgânico, é a disponibilização dos nutrientes, ocorrendo em forma mais lenta e gradual.

O N e P possuem uma liberação mais lenta dependendo da mineralização da MO, e com isso proporcionado melhor disponibilidade ao longo do tempo, o que por vezes favorece melhor aproveitamento pela planta (Carvalho *et al*, 2005, Zonta *et al*, 2019). Malavolta *et al*. (2000) relata ainda que, os fertilizantes orgânicos além das substâncias alimentícias, levam ao solo matéria orgânica, cujo valor é inestimável.

Fertilizantes Organominerais: Classificam-se como sendo, fertilizantes oriundos da mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos (Lopes, 1999). São exemplos de fertilizantes organominerais: esterco granulado misturado com fertilizante mineral e, turfa e iodo desidratado. De acordo com a Embrapa Suínos e Alves (2025), algumas das vantagens da utilização de fertilizantes organominerais estão relacionados aos seguintes fatores: redução significativa das perdas de nitrogênio, propiciação de C orgânico ao sistema, onde após o processo de mineralização, esses fertilizantes geram ácidos fúlvicos e húmicos, os quais garantem melhor adsorção em superfícies minerais do solo, consequentemente reduzindo o potencial de adsorção do fósforo através do bloqueio de sítios, onde ocorre a formação de complexos de ortofosfato com alumínio e ferro, finalmente a utilização desse tipo de fertilizante no sistema de produção, garante menor emissão de gases do efeito estufa, garantindo melhor sustentabilidade do meio de produção.

2.3.2.2. Fertilizantes líquidos

Segundo Malavolta *et al* (2000), os fertilizantes líquidos são caracterizados como sendo, os que se apresentam na forma de solução e/ou suspensão. Dentro do grupo dos fertilizantes líquidos, possuem o de solução verdadeira, suspensão homogênea, suspensão heterogênea (Carrijo, 2018).

Solução verdadeira: ausência de sólidos e sem qualquer possibilidade de separação física.

Suspensão homogênea: dispersões compostas de uma fase líquida, que é solução verdadeira ou apenas um dispersante e, outra fase de sólidos em suspensão, porém ficando homogeneamente dispersa na fase líquida.

Suspensão heterogênea: dispersões completas de pelo menos uma fase líquida predominante, que é uma solução verdadeira ou apenas um dispersante.

2.3.2.3. *Fertilizantes em pó*

De acordo com Malavolta *et al* (2000); Malavolta (1980), os fertilizantes em pó, caracterizam-se como sendo, os fertilizantes sólidos que se apresentam em partículas pequenas. Veloso (1995) relata que, os fertilizantes possuem características desejáveis quanto à sua aplicação, pois os fertilizantes em pó, possuem menor tamanho de partícula, acarretando maior superfície de contato por unidade de massa de fertilizante, tal característica proporciona maior contato do fertilizante com o solo, raízes e microrganismos do solo. Ibañez *et al.* (2019), avaliaram os efeitos do uso do enxofre partilhado na cultura da soja (*Glycine max*), após as análises concluíram que o enxofre elementar em forma de pastilha, garantiu uma melhor absorção do elemento na cultura da soja.

Os fertilizantes em pó possuem uma distribuição mais homogênea no solo, evitando que haja maior concentração dos nutrientes fornecidos em determinada área ao comparar-se a outra, garantindo uma boa eficiência da adubação (Malavolta et al, 2020, Veloso, 1995).

2.3.2.4. *Fertilizantes granulados*

São os fertilizantes sólidos, apresentados na forma de grânulos, além disso são caracterizados, por possuírem liberação mais lenta dos nutrientes ao comparar com os fertilizantes líquidos, evitando perdas e diminuindo a acidificação do solo, além disso a aplicação ou incorporação dos nutrientes no solo, devem ser geralmente, sem contato com a área foliar, para evitar de queimar as folhas, além disso constantemente recomenda-se utilizar-se de irrigação após a aplicação, no intuito de garantir maior eficiência de absorção dos nutrientes (Malavolta *et al*, 2002, Solohumics, 2021).

2.3.2.5. *Fertilizantes simples*

De acordo com Malavolta *et al* (2000) e Zonta *et al* (2019), são aqueles que se caracterizam como uma “entidade fertilizante”, significando que é um produto constituído de

um ou dois compostos químicos, com um número reduzido de nutrientes. Alguns exemplos, são: ureia, sulfato de amônio, superfosfato simples etc.

2.3.2.6. Fertilizantes mistos e/ou misturas de fertilizantes

Referem-se aqueles constituídos pela mistura de dois ou mais fertilizantes simples, como exemplo podem-se citar: ureia + fosfato diamônico (Malavolta *et al*, 2002). Zonta *et al*, (2019), concorda com a definição de Malavolta *et al* (2000) e, acrescentam que o fertilizante mineral misto é resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais simples, outro ponto importante acerca dos fertilizantes mistos é que, a sua mistura pode ser entre macro e micronutrientes exigidos pelas plantas, garantindo maior diversificação dos nutrientes fornecidos à planta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O experimento foi realizado na fazenda experimental do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, Chã-de-Jardim, localizada no município de Areia, situada na Mesorregião do Agreste Paraibano e na Microrregião do Brejo Paraibano, com as coordenadas geográficas 6°58'12''S e 35°42'15'' W Gr, com altitude de 618m acima do nível do mar. Com relação ao clima, segundo a classificação Peel et al. (2007), o clima é do tipo As', caracterizando-se como sendo tropical, com os maiores índices pluviométricos presentes nos meses de junho e julho, já a temperatura média oscila entre 18° a 29°C, com precipitação média anual de 1305 mm. O solo do local da experimentação é do tipo Latossolo Amarelo distrófico (Embrapa, 2018). Segundo Oliveira Neto e Silva (2021), os latossolos amarelos possuem características de serem solos com baixa fertilidade natural, com baixa soma de bases, baixo teor de P assimilável e, apresentam reação forte a moderadamente ácida.

A Figura 1 representa a localização de Areia-PB dentro do território da Paraíba, já a Figura 2 mostra área experimental Chã-de-Jardim, através de imagens de satélites. Já a Figura 3, retrata os registros mensais de precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima, registradas durante a realização do experimento.

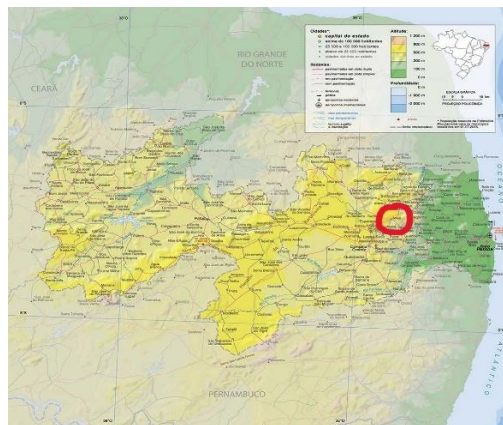


Figura 1. Localização do município de Areia-PB dentro do território do estado da Paraíba, destacada em circular vermelho

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2025)



Figura 2. Área experimental da fazenda Chã-de-Jardim vista através de imagens de satélite

Fonte: Google Earth (2025)

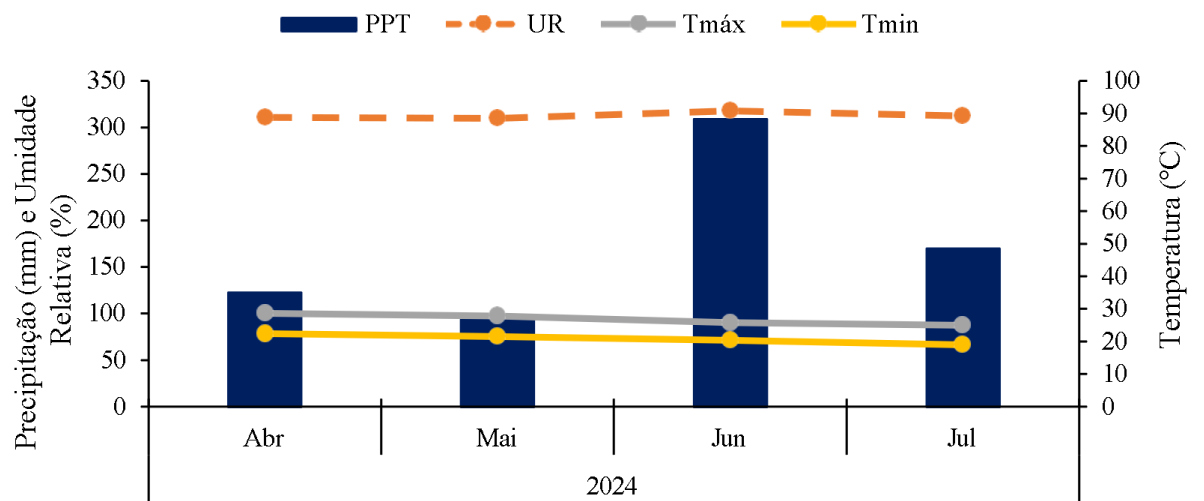


Figura 3. Registros mensais de precipitações pluviométricas, umidade relativa do ar, temperatura máxima e mínima, registradas durante a realização do experimento

PPT: Precipitação pluviométrica; UR Umidade relativa; Tmáx: Temperatura máxima; Tmin: Temperatura mínima

Fonte: INMET (2024), adaptado de (Lima *et al*, 2024).

3.2.Caracterização do experimento

O experimento foi implantado em meados do mês de março do ano agrícola de 2024, bem como todas as avaliações foram realizadas dentro desse período. Para a experimentação,

foi utilizado o híbrido simples P3707PYH da Pioneer ©, submetidos a fertilizante mistos compostos por macro e micronutrientes e, aplicados via tratamento de sementes, com diferentes proporções de nutrientes. Também se utilizou de fertilizante mineral misto com micronutrientes, nos estádios fenológicos V₃ e V₈ da cultura.

De acordo com Guimarães *et al*, 2002, todas as espigas que a planta eventualmente irá produzir serão formadas no estágio V₃, ou seja o número máximo de grãos, bem como o potencial produtivo estão sendo definidos nesse estágio fenológico. Ainda, segundo Guimarães *et al*, 2002, o estágio V₈, têm como característica, a definição do número de grãos por fileira, onde nesse período também, a planta se encontra com maiores valores de tolerância ao excesso de chuvas e, encharcamento.

Antes do plantio, foi realizada a amostragem do solo da área experimental através de um trado tipo sonda realizada de maneira convencional, através de subamostras coletadas da profundidade 0-20 cm do solo, usando o movimento ziguezague durante a amostragem, segundo a metodologia Embrapa Solos (2018), formando no fim da amostragem, uma amostra composta da área experimental. Após os resultados obtidos no laudo de caráter químico do solo (Tabela 1), confeccionado pelo Laboratório de Análise de Solo, Água e Plantas lotado no Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), em Mossoró, RN, o solo foi adubado com macronutrientes, onde mais especificamente foi aplicado: 50 kg de N, 50 kg de potássio e 60 kg de fósforo.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental na fazenda Chã-de-Jardim em Areia, Paraíba, Brasil no ano de 2024

pH	N	CE	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	CTC	V	m PST
(água)	g/kg	dS/m	g/kg	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	-----mg/dm ³ ----	%
6,1	1,23	0,08	18,39	13,2	16,3	4,4	4,7	2,9	0,00	1,98	7,66	9,64	79	0	0

Fonte: Adaptado de Lima *et al*, 2024

Baseado nisso, o experimento seguiu um delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições e 8 tratamentos, totalizando 32 unidades experimentais. Cada parcela foi constituída por 4 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,8 metros (80cm) e entre parcela de 1,0 m, resultando numa área aproximada de 12m² por parcela e, 564m² representando a área total. A Figura 4 demonstra o croqui da área experimental descrita anteriormente.

BLOCO 1	T6	T1	T4	T3	T7	T8	T5	T2
BLOCO 2	T5	T6	T8	T4	T2	T7	T1	T3
BLOCO 3	T1	T4	T3	T8	T6	T7	T2	T5
BLOCO 4	T8	T3	T6	T2	T5	T1	T7	T4

Figura 4. Croqui da área experimental, localizada na fazenda experimental Chã-de-Jardim, no município de Areia-PB

Fonte: Autor (2024)

Os tratamentos se diferenciam entre si, por causa do estágio fenológico de aplicação (V₃ e V₈) e pela ausência da aplicação dentre os tratamentos. Vale-se ressaltar que, a dosagem foi mantida uniformemente, em todos os tratamentos do experimento, com exceção do tratamento testemunha (T1). Os dois produtos citados anteriormente, foram:

Produto A – Fertilizante mineral misto contendo macro e micronutrientes com concentrações de 12% de K₂O e 14% de Mo, utilizado via tratamento de sementes.

Produto B – Fertilizante mineral misto com ênfase em micronutrientes, possuindo teores de 20% de Zn, 6,0% de Mn, 3,0% de B, 1% de Cu e 0,5% de Mo, utilizado via aplicação foliar.

Acerca da dosagem dos produtos, ambos produtos foram aplicados segundo suas respectivas bulas, sendo utilizada para o produto A, uma dosagem de 20 mL para cada 2kg de semente (proporção 1:1), já para o produto B, utilizou-se 0,25 mL do produto em ambos os estádios fenológicos, a Tabela 2 descreve os tratamentos experimentais citados. Sobre as aplicações do produto utilizado via foliar, foram realizadas de forma manual através de pulverizador costal com 20 litros de capacidade, a partir das 16 horas, sendo este o horário recomendado para reduzir perdas (Jacto, 2021) e, a aplicação foi feita seguindo as recomendações do respectivo produto (Adaptado de Lima *et al*, 2024). Com relação ao

tratamento de sementes, o produto A foi misturado com água, em proporção 1:1, misturando as sementes de milho na solução formada, segundo a orientação técnica do produto.

Tabela 2. Caracterização dos tratamentos experimentais

Tratamento	Descrição das aplicações	Dosagem por aplicação
Testemunha	Sem aplicação	Nenhuma aplicação
Tratamento 2	Aplicação via tratamento de sementes	20 mL para cada 2kg de semente
Tratamento 3	Aplicação do Produto A via tratamento de sementes + aplicação do produto B via foliar em V ₃	20 mL para cada 2kg de semente + 0,25 mL do produto em V ₃
Tratamento 4	Aplicação do Produto A via tratamento de sementes + aplicação do produto B via foliar em V ₈	20 mL para cada 2kg de semente + 0,25 mL do produto V ₈
Tratamento 5	Aplicação do Produto A via tratamento de sementes + aplicação do Produto B via foliar em V ₃ e V ₈	20 mL para cada 2kg de semente + 0,25 mL do produto em V ₃ e V ₈
Tratamento 6	Aplicação do produto B via foliar em V ₃	0,25 mL do produto em V ₃
Tratamento 7	Aplicação do produto B via foliar em V ₈	0,25 mL do produto em V ₈
Tratamento 8	Aplicação do produto B via foliar em V ₃ e V ₈	0,25 mL do produto em V ₃ e V ₈

Fonte: Autor (2025), adaptado de Lima *et al*, 2024

3.3. Descrição da colheita

A colheita do milho, foi realizada no dia 22 de agosto de 2024, por discentes do Grupo de Estudos de Grandes Culturas e Plantas Daninhas, bem como alunos estagiários e voluntários do CCA/UFPB. Em âmbito de procedimento, foram colhidas apenas as duas linhas centrais da área total do experimento, ignorando as bordaduras, além disso recomendou-se a coleta de 5 espigas por parcela experimental.

Na época da colheita, por conta de algumas condições edafoclimáticas presentes nos meses anteriores de desenvolvimento da cultura, como índice de temperatura baixas propiciando aumento de umidade (Figura 3) e dificuldades na logística, o milho grão que foi

coletado estava acima do limite de umidade recomendado para armazenamento, onde segundo Pereira Filho *et al* (2021) é de 15,5%, onde constatou-se que as espigas colhidas, se encontravam com cerca de 25% de umidade, isso foi comprovado durante as análises realizadas, pois as espigas colhidas se apresentaram ligeiramente úmidas quando armazenadas. Apesar de que no momento da colheita, as plantas já estavam em estágio de senescência (Figura 5).

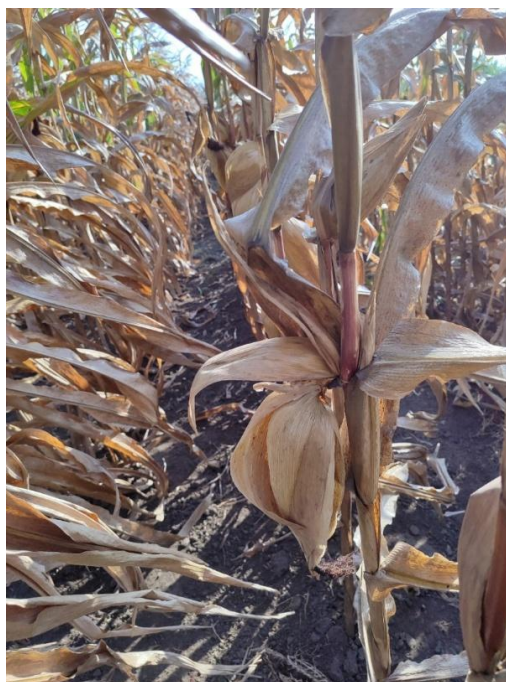


Figura 5. Plantas de milho na época da colheita, em momento pré-colheita

Fonte: Autor (2024)

3.4. Análises dos componentes de rendimento

Após o procedimento de colheita, o material coletado foi levado diretamente para o Laboratório de Grandes Culturas e Plantas Daninhas (LAGPLAN) do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em Areia – PB, onde foram realizadas, as análises dos componentes de rendimento, com objetivo de avaliar a influência do uso dos fertilizantes mistos de cada tratamento na cultivar híbrida com enfoque no seu desempenho produtivo.

3.4.1. Diâmetro médio de espiga (DE)

Estimou-se com auxílio de paquímetros digitais e manuais (Miranda *et al*, 2018), onde foram submetidas 5 espigas, de cada parcela experimental a medição de seus respectivos diâmetros, após isso utilizou-se a média dos valores encontrados.

3.4.2. Comprimento médio de espiga (CE)

Nesse componente de rendimento em questão, utilizou-se uma fita graduada em centímetros, onde as cinco espigas utilizadas no DE, foram submetidas a aferição do comprimento. Levando a fita graduada de uma ponta a outra da espiga, determinando o comprimento médio entre o primeiro e o último grão da linha mais longa da espiga despilhada (Adaptado de Lima *et al*, 2024).

3.4.3. Número médio de fileiras por espiga (NFE)

O número médio de fileiras por espiga foi obtido por contagem visual das cinco espigas selecionadas. Para cada espiga, contou-se a quantidade de fileiras e, em seguida, calculou-se a média dos valores.

3.4.4. Número médio de grãos por fileira por espiga (NGF)

Semelhante ao NFE, número médio de grãos por fileira por espiga foi realizado por meio de contagem visual, onde em cada fileira observada anteriormente, realizou-se a contagem dos grãos presentes e, finalmente calculou-se a média dos valores obtidos.

3.4.5. Número de grãos por espiga (NGE)

O NGE foi estimado acerca do produto dos valores do número médio de fileiras por espiga (NFE) e o número médio de grãos por fileira (NGF), conforme expresso na Equação 1, de acordo com Cruz *et al*, 2011. Em seguida, calculou-se a média dos valores obtidos.

$$\text{NGE} = \text{NFE} * \text{NGF} \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

NGE: número de grãos por espiga

NFE: número médio de fileiras por espiga

NGF: número médio de grãos por fileira por espiga

3.4.6. Peso médio de espiga

As espigas selecionadas nos procedimentos anteriores foram pesadas em balança digital (Figura 6) modelo SF-40 fabricada pela empresa MFL



Figura 6. Balança digital modelo SF-40 da MFL utilizada na medição do peso das espigas analisadas

Fonte: Autor (2024)

3.4.7. Produtividade (PROD)

A produtividade foi estimada, utilizando todas as espigas da área útil de cada parcela, não sendo efetuado cálculos de correção de umidade. As espigas foram debulhadas através da debulhadora mecânica modelo DM50 fabricada pela Trapp (Figura 7A) e, posteriormente os grãos peneirados com auxílio de uma peneira de construção (Figura 7B), finalmente foram submetidos a uma balança eletrônica (Figura 8) para medição do peso, é importante relatar, que os valores obtidos nessa etapa, foram transformados de g/m para kg/ha, durante os cálculos da produtividade.



Figura 7. A - Debulhadora mecânica modelo DM50 Trapp, utilizada na debulha das espigas de milho; **B**- Peneira de construção utilizada no processo de peneiramento dos grãos recém debulhados.

Fonte: Autor (2024)



Figura 8. Balança eletrônica utilizada para pesagem dos grãos peneirados durante a estimativa da produtividade (PROD)

Fonte: Autor (2024)

3.5. Amostragem do solo das parcelas experimentais

No momento pós-colheita do material analisado, realizou-se a amostragem do solo das parcelas experimentais em profundidade 0-20 cm, com auxílio de um trado do tipo sonda. A escolha dos locais de coletas dentro do tratamento experimental foi aleatória, seguindo o movimento ziguezague, recomendado pela metodologia tradicional (Embrapa Solos, 2018). O objetivo da amostragem foi analisar, a influência da fertilidade do solo, em cada parcela experimental, observando a variação ambiental, para assim identificar possíveis impactos dos tratamentos influenciados, pela fertilidade do solo de cada bloco experimental, nas plantas presentes na área.

Foram obtidas cerca de 4 amostras simples por tratamento, totalizando 32 amostras na área total do experimento. Em seguida, foram homogeneizadas as 4 amostras simples de cada tratamento experimental e, resultando no fim do procedimento, em 8 amostras compostas, cada uma correspondendo a um tratamento. Posteriormente, as amostras obtidas foram levadas para o setor de análises de solo, no Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro

de Ciências Agrárias, da UFPB em Areia-PB, no intuito de serem analisadas em âmbito de seus respectivos valores no que diz respeito a fertilidade do solo.

3.6. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$), em caso de significância, seus respectivos valores foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para detalhar as diferenças específicas estatísticas entre os grupos comparados, todas as análises foram feitas através do software estatístico R ® (R Core Team, 2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se o efeito da fertilidade do solo em cada parcela experimental de toda área útil. Onde, após os dados de fertilidade de solo obtidos pela Tabela 3, observou que, o tratamento testemunha foi o que apresentou maior valor de P e de Ca^{+2} , bem como maior valor de soma de bases. Segundo o IAC (1997), o valor de P é considerado como sendo médio no tratamento 1 (testemunha), diferentemente do observado nos outros tratamentos, onde os valores de P são considerados como sendo muito baixo ($0\text{-}6\text{ mg/dm}^3$) e, baixo ($7\text{-}15\text{ mg/dm}^3$), de acordo com o Boletim 100.

Sendo assim, os valores químicos do solo obtidos não possuem diferença significativa entre os valores de tratamentos analisados. Onde a influência no crescimento das plantas do milho, só pode ser relatada no Tratamento 1. Observa-se que, não houve influência direta da fertilidade do solo, nos valores dos componentes de rendimento analisados, quando correlacionado os valores dos tratamentos com a testemunha.

De acordo com Prado *et al*, 2008, doses crescentes de alguns micronutrientes no tratamento de sementes reduziram algumas características agronômicas das plantas, como comprimento das raízes e massa aérea da planta, podendo a depender da dose, reduzir o potencial produtivo da semente e causar fitotoxidez, a depender das condições de aplicação.

Tabela 3. Atributos químicos do solo de cada tratamento experimental, localizados na área de experimentação na Fazenda Chã-de-Jardim, em Areia-PB.

Trat.	pH $\text{H}_2\text{O (1:2,5)}$	P -----	S - SO_4^{-2} mg/dm^3	K^+ -----	Na^+ -----	$\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ -----	Al^{+3} -----	Ca^{+2} cmol/dm^3	Mg^{+2} -----	SB -----	CTC -----	M. O. -- g/kg --
1	6,2	26,12	-	32,08	0,03	5,38	0,00	4,28	2,05	6,44	11,82	52,11
2	6,2	9,99	-	44,84	0,02	7,34	0,00	3,25	1,08	4,47	11,81	50,55
3	5,8	5,46	-	28,44	0,02	7,21	0,23	3,26	1,11	4,46	11,57	46,38
4	5,7	4,67	-	30,26	0,02	7,38	0,15	3,17	1,37	4,64	12,01	48,98
5	5,7	5,17	-	32,08	0,02	7,54	0,24	2,50	1,60	4,21	11,75	44,82
6	6,0	2,58	-	19,33	0,02	6,37	0,05	3,71	1,75	5,53	11,90	50,55
7	5,8	8,48	-	21,15	0,02	6,77	0,16	2,95	1,77	4,79	11,56	53,67
8	5,8	4,67	-	19,33	0,02	7,43	0,21	3,09	1,19	4,35	11,78	52,11

Fonte: Autor (2025)

No resumo obtido da análise de variância dos componentes de rendimento, não foram observadas influências significativas nas variáveis comprimento de espiga, diâmetro da espiga e, número de grãos por espiga (Tabela 4). Contrariamente, observou-se claro efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, nas variáveis número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, peso de espiga e produtividade.

Tabela 4. Resumo da análise de variância do experimento com a cultura do milho, submetido a adubação com fertilizantes mistos em tratamento de sementes e via foliar. As variáveis analisadas foram: comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de espiga (PE) e produtividade (PROD)

Fonte de variação	Quadrados Médios							
	G.L	CE	DE	NFE	NGF	NGE	PE	PROD
Bloco	3	55,107	0,339	1,966	103,77	23679,8	8698,9	0,5148
Trat	7	8,081 ^{ns}	0,194 ^{ns}	4,900*	49,54*	16210,8 ^{ns}	3586,5*	0,2223*
Resíduo	149	4,675	0,218	2,145	23,14	7548,4	1440,3	0,0757
C.V. %	-	14,75	8,99	8,84	17,21	19,54	19,05	12,43

GL – Grau de liberdade; * - Significativo a 5% ($P < 0,05$) pelo teste F; ns – não significativo pelo teste F; CV – Coeficiente de variação.

Fonte: Autor (2025)

Vale-se ressaltar que, os tratamentos via foliar e via sementes dos dois produtos (A e B), não resultaram diretamente em melhorias nas variáveis comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE) e número de grãos por espiga (NGE), não sendo observado diferença para o tratamento testemunha.

Contudo, para NFE, o tratamento com valor mais satisfatório apresentado foi o Tratamento 3, referente a aplicação do produto A via tratamento de sementes + aplicação do produto B via foliar em V₃, podendo-se observar diferenças significativas, quando comparado ao Tratamento 8, que obteve menor valor de NFE. Mediante Coelho (2006), os micronutrientes requeridos pelo milho durante seu ciclo são limitantes de produtividade, caso não sejam fornecidos e absorvidos em doses adequadas, sendo esse o principal fator da superioridade do T3 com relação, pois os dois produtos utilizados nesse tratamento consistiam em valores de micronutrientes disponíveis para a cultura. Somando a isso, Guimarães *et al*, 2002 e, Galvão *et al*, 2017, afirmam que o estágio V₃ é responsável pelo potencial produtivo do milho, sendo

assim, a aplicação do produto B nesse estágio fenológico, exerceu grande influência no desempenho produtivo.

Segundo Krenchinski *et al*, 2017, a variável NFE é altamente influenciada pelo híbrido de milho utilizado, onde o manejo adotado exerce pouca influência, porém observou-se que os micronutrientes ofertados, acarretaram aumento nos valores dos componentes de produtividade.

Para as variáveis de rendimento, peso de espiga, número de grão por fileiras e número de grãos por espiga, o tratamento testemunha apresentou maior desempenho correlacionado com os outros tratamentos. A principal hipótese está relacionada a afirmativa de Prado *et al*, 2008, onde a atuação de alguns micronutrientes no tratamento de sementes do milho, podem causar problemáticas à planta. Além disso, Bueno *et al*, 2023, após análises através de adubação foliar com micronutrientes, constatou que a adubação foliar, não apresentou aumento nos valores, de alguns componentes de rendimento. Sendo assim, a adubação foliar pode não ter exercido influência significativa, visto que apenas, o T3 possuiu valor maior que a testemunha, em pelo menos uma variável de rendimento analisada (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da adubação com fertilizantes mistos em tratamento de sementes e via foliar na cultura do milho sobre o comprimento da espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), peso de espiga (PE)

	CE	DE	NFE	NGF	NGE	PE (g)
Testemunha	15,3 a	5,04 a	16,4 ab	30,1 a	480 a	219 a
2	13,9 a	4,93 a	15,7 ab	25,6 ab	404 a	189 ab
3	14,4 a	5,22 a	16,5 a	27,1 ab	447 a	200 ab
4	13,3 a	5,04 a	15,8 ab	25,6 ab	403 a	196 ab
5	14,1 a	4,95 a	16,1 ab	27,3 ab	439 a	184 ab
6	13,5 a	5,01 a	15,9 ab	25,1 b	398 a	176 b
7	14,1 a	4,90 a	16,4 ab	27,2 ab	445 a	181 b
8	14,5 a	5,00 a	15,0 b	27,8 ab	418 a	192 b

T1: Testemunha; T2: Tratamento de sementes; T3: Produto A via tratamento de sementes + aplicação via foliar em V3; T4: Produto A via tratamento de sementes + aplicação via foliar em V8; T5: Produto A via tratamento de sementes + aplicação do produto B via foliar em V3 e V8; T6: Produto B via foliar em V3; T7: Produto B via foliar em V8; T8: Produto B via foliar em V3 e V8.

Fonte: Autor (2025)

Na variável produtividade (Figura 9), semelhantemente ao ocorrido no NFE, o tratamento com valor mais alto foi o Tratamento 3 (2,7 t/ha), podendo-se observar diferença

estatística quando comparado aos outros tratamentos experimentais. Correlacionado com a testemunha (2,1 t/ha), o T3 resultou em um incremento de 0,6 t/ha, representando um aumento de cerca de 38% no valor da produtividade.

Esse aumento na produtividade pode-se está relacionado com diversos fatores. Segundo a afirmação de Coelho (2006), os micronutrientes requeridos pelo milho durante seu ciclo são limitantes de produtividade, explicando o baixo valor de produtividade da testemunha (T1) e do Tratamento 6. A ausência por exemplo desses micronutrientes via tratamento de sementes principalmente, na testemunha resultou em influência negativa na organização e nos processos metabólicos (Coelho, 2006, Galvão *et al*, 2017, Coelho *et al*, 2021).

Ao analisar a Figura 9, observa-se que o menor valor com relação a PROD está expresso no Tratamento 6. Corroborando com Bueno *et al*, 2023, em que a aplicação foliar de micronutrientes, não afeta diretamente nos valores de produtividade. Onde, analisando os tratamentos experimentais, observa-se que o tratamento submetido exclusivamente ao tratamento de sementes (T2), possuiu maior valor de produtividade do que os tratamentos submetidos exclusivamente a aplicação foliar (T6 e T8), expressando a influência do tratamento de sementes com micronutrientes, em ganhos na produtividade.

Baseado no exposto, os compostos presentes nos fertilizantes mistos propiciam aumento na disponibilidade de água e nutrientes, consequentemente resultando em soluções fisiológicas específicas na planta, auxiliando, portanto, no diâmetro da espiga (Rocha e Castro Borges, 2024). Todavia, o comportamento não foi observado no experimento em questão.

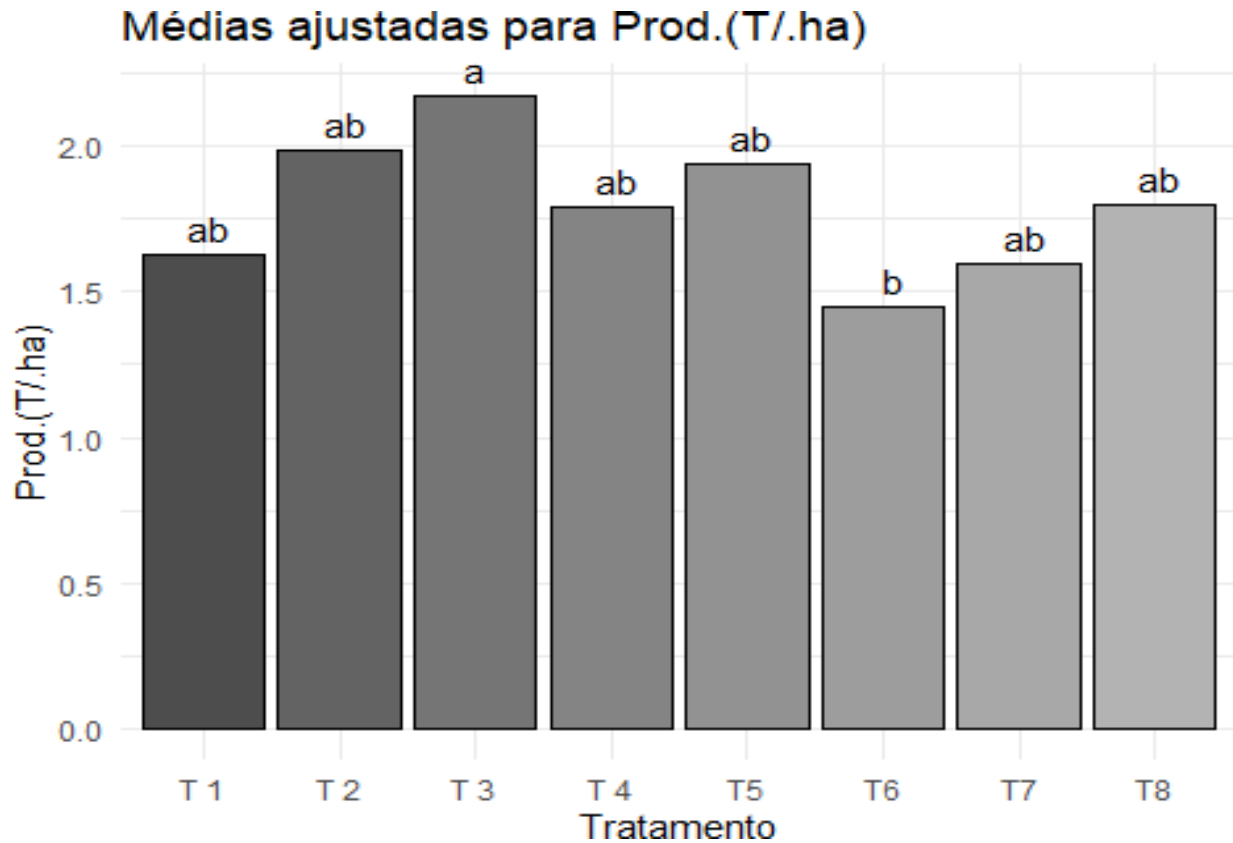


Figura 9. Efeito da adubação com fertilizantes mistas em tratamento de sementes e via foliar no experimento na cultura do milho sobre a variável produtividade (PROD)

T1: Testemunha; T2: Tratamento de sementes; T3: Produto A via tratamento de sementes + aplicação via foliar em V3; T4: Produto A via tratamento de sementes + aplicação via foliar em V8; T5: Produto A via tratamento de sementes + aplicação do produto B via foliar em V3 e V8; T6: Produto B via foliar em V3; T7: Produto B via foliar em V8; T8: Produto B via foliar em V3 e V8

Fonte: Autor (2025)

Embora algumas variáveis agrônômicas, como comprimento e diâmetro da espiga, não tenham demonstrado diferenças estatisticamente significativas, o uso estratégico de fertilizantes mistos evidenciou potencial em maximizar a eficiência da adubação, principalmente pela melhor disponibilização de micronutrientes essenciais como Zn, B e Mo.

5. CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes mistos apresentou impacto positivo no desenvolvimento do milho, especialmente quando utilizados de forma combinada. Onde, observou-se que, a aplicação de fertilizantes mistos, apresentou impacto positivo no desenvolvimento do milho, especialmente quando utilizados de forma combinada no tratamento de sementes e na aplicação foliar em estágio fenológico V₃, como observado no Tratamento 3 (Produto A via tratamento de sementes + aplicação via foliar em V₃).

Tais resultados indicam que o uso racional de fertilizantes mistos, especialmente em sistemas de sequeiro e solos com baixa fertilidade natural, pode ser uma ferramenta eficiente para aumentar o rendimento da cultura do milho. Finalmente recomenda-se, para estudos futuros, a avaliação do mesmo manejo em diferentes condições edafoclimáticas, bem como o acompanhamento dos efeitos residuais desses fertilizantes no solo e em culturas subsequentes.

REFERÊNCIAS

SILVA, D. A.; JÚNIOR, A. D. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudo/dissertacoes/631994105.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

AGROADVANCE. (2024). **Produção de milho no Brasil 2024**. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-producao-de-milho-no-brasil/> . Acesso em: 16 ago. 2025.

AGROLINK. **Cresce área plantada com milho no Brasil**. 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/cresce-area-plantada-com-milho-no-brasil_497382.html. Acesso em: 16 ago. 2025.

ALTARUGIO, M. et al. **Intoxicação de plantas de soja submetidas a doses de magnésio**. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. 1, p. 160-168, 2017.

EMBRAPA. **Amostragem e análise do solo**. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/manga/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/adubacao/amostragem-e-analise-do-solo>. Acesso em: 16 ago. 2025.

ANDRADE, F. et al. **Fontes, modo de aplicação e translocação de enxofre no desenvolvimento inicial do milho**. Brazilian Journal of Development, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5593/5065>. Acesso em: 16 ago. 2025.

BASTOS, A. et al. **Resposta do milho a doses de fósforo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 5, p. 485–491, 2009.

BEZERRA, F. et al. **Características fisiológicas e de crescimento em milho sob doses de potássio**. Revista de Estudos Interdisciplinares, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/rolindemoura/article/view/7188/534>. Acesso em: 16 ago. 2025.

BANCO DO NORDESTE (BNB). **Nordeste tem três estados entre os dez maiores produtores nacionais de milho**. 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/imprensa/noticias/-/asset_publisher/QGdgGhxvRtMv/content/nordeste-tem-tr%C3%AAs-estados-entre-os-dez-maiores-produtores-nacionais-de-milho/44540. Acesso em: 16 ago. 2025.

BONATI, R. **Fontes e doses de potássio na produtividade de milho e soja**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30945/1/produtividademilhosojapotassio.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

BRITO, L. F. et al. **Eficiência de uso de nitrogênio, produtividade e emissões de N₂O em milho safrinha sob efeito de fontes e estratégias de manejo de fertilizantes nitrogenados.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 47, e0220124, 2023

BUENO, R. et al. **Resposta do milho (Zea mays) a micronutrientes via adubação foliar.** Revista Contemporânea, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/2459/2058>. Acesso em: 16 ago. 2025.

CARLOS, J. et al. **Fertilizantes e fertilização.** 2005. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/valenca/files/2011/05/fertilizantes-e-fertilizacao.pdf> Acesso em: 18 ago. 2025.

CARRIJO, T. de S. **Estudo de viabilidade técnica e econômica de fábrica de fertilizantes líquidos nitrogenados.** [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28846/3/EstudoViabilidadeT%C3%A9cnica.pdf> f. Acesso em: 16 ago. 2025.

CARVALHO, J. et al. **Matéria orgânica do solo e sua importância para a agricultura.** In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (org.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 147–180.

CHEMICAL AGROINDUSTRIAL. **Linha agrícola: fertilizantes minerais mistos.** 2014. Disponível em: <https://www.chemical.agr.br> . Acesso em: 18 ago. 2025.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Panorama do agro.** [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>. Acesso em: 16 ago. de 2025.

COELHO, A. M. et al. **Exigências nutricionais da planta.** Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/adubacao-e-fertilidade-do-solo/exigencias-nutricionais-da-planta>. Acesso em: 16 ago. 2025.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho:** introdução. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Companhia Nacional de Abastecimento – portal institucional.** 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/> . Acesso em: 18 ago. 2025.

CONTINI, E. et al. **Milho – caracterização e desafios tecnológicos.** Série Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT2). Brasília, DF: [s. n.], 2019.

CRUZ, J. C. et al. **A cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 520

CRUZ, J. C. et al. **Cultivares - Portal Embrapa.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/cultivares>. Acesso em: 16 ago. 2025.

CRUZ, J. C. et al. **O produtor pergunta, a Embrapa responde: milho**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/927283/1/Fisiologiaproducao1.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

DUARTE, G. R. B. **Manejo de fósforo para plantas: tudo o que você precisa saber**. 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/fosforo-para-plantas/>>.2019. Acesso em: 18 ago. 2025.

EMBRAPA SWINE & POULTRY. **Advantages over mineral fertilizer**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/suinos-e-aves/biogasfert/fertilizantes/fertilizante-organomineral/vantagens-em-relacao-ao-fertilizante-mineral> . Acesso em: 18 ago. 2025

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 412 p.

FÁVARO, M. **Entenda por que o Brasil pode ter até três safras de milho**. São Paulo: Rede Globo, 28 jun. 2024. Disponível em: <https://redeglobo.globo.com/sp/eptv/epagro/noticia/entenda-por-que-o-brasil-pode-ter-ate-tres-safras-de-milho.ghtml> . Acesso em: 16 jul. 2025.

FRANÇA, S. et al. **Nitrogênio disponível ao milho: crescimento, absorção e rendimento de grãos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/GVBPHWpYjLr7WsjMxG5Wf8L/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 ago. 2025.

GAMBOA, J. R. **Absorção de nutrientes pela cultura do milho (Zea mays L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 101 p.

GOOGLE EARTH. **Fazenda Chã-de-Jardim**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: earth.google.com/web . Acesso em: 16 jul. 2025

HEINIGER, R. **Sulfur deficiency symptoms in emerging corn**. Atualizado em 2018. Disponível em: https://corn-ces-ncsu-edu.translate.goog/sulfur-deficiency-symptoms-in-emerging-corn/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge. Acesso em: 16 jul. 2025..

IBAÑEZ, C. et al. **Sulfur modulates yield and storage proteins in soybean grains**. Scientia Agrícola, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/BFtRn6m7LBs5cMjGWw4DgmL/?format=pdf&lang=en> . Acesso em: 16 jul. 2025.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Relatório de mercado do milho – julho de 2025**. Cuiabá: IMEA, 2025. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=3&s=809881640863047681>. Acesso em: 16 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>. Acesso em 16 ago. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Informações sobre as condições climáticas em Areia-PB**. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 16 de ago. 2025.

JACTO. **Pulverizadores costais: saiba como utilizar corretamente**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/https-blog-jacto-com-br-pulverizadores-costais-saiba-como-utilizar-corretamente>. Acesso em: 16 ago. 2025.

KRENCHINSKI, F. H. et al. **Componentes de produção e produtividade do milho em função de diferentes arranjos espaciais**. 2017.

LANA, M. C. et al. **Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 31, n. 3, 2009.

LIMA, R. et al. **Respostas no crescimento do milho com uso de fertilizantes mistos**. Revista de Gestão e Secretariado – GeSec, 2024.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 153 p.

MACHADO, R. **Sucessos e constrangimentos da história e cultura do milho: o caso português**. 2024. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/retrieve/277216/RicardoMachado_versaofinal.pdf. Acesso em: 16 ago. 2025.

MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do milho**. [S. l.: s. n.], 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/486995/1/Circ22.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2025.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 2000.

MIGLIAVACCA, R. et al. **Influência da aplicação de nitrogênio em cobertura proveniente de diferentes fontes no desenvolvimento da cultura do milho**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: https://www.abms.org.br/eventos_antecedentes/cnms2012/06134.pdf. Acesso em: 16 ago. 2025.

GALVÃO, J. C. C. et al. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. ISBN 978-85-7269-583-1.

MIRANDA, E. E. V. et al. **Sustentabilidade da cadeia produtiva do milho**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132079/1/Doc-261.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

MIRANDA, P. S. et al. **Aplicação de silício na cultura do milho**. Revista de Ciências Agroambientais, v. 16, n. 1, p. 1–6, 26 out. 2018.

NOGUEIRA, V. **Desempenho produtivo de híbridos de milho submetidos à aplicação foliar de magnésio**. 2021. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2290/1/VANESSA%20li%20NOGUEIRA.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da. **Latossolos Amarelos**. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/latossolos-amarelos>. Acesso em: 16 ago. 2025.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. **Milho verde**. Portal Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-verde>. Acesso em: 16 ago. 2025.

PET AGRONOMIA – UFSM. **Adubação nitrogenada em milho: momento e quantidades para melhores resultados**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10810054427/sseSCKf7xooDEJuu0aI>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

PET AGRONOMIA - UFSM. **Deficiências nutricionais no milho**. 2025. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2020/05/05/deficiencias-nutricionais-no-milho>. Acesso em: 16 ago. 2025.

PIONEER SEEDS. **P3707VYH da Pioneer é o híbrido de milho mais plantado do Brasil**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.pioneer.com/br/blog/artigos/p3707vyh-da-pioneer-e-o-hibrido-de-milho-mais-plantado-do-brasil.html>. Acesso em: 16 ago. 2025.

PIZOL, V. J. **A importância do fósforo na cultura do milho**. 2023. Disponível em: <https://nutricaoodesafras.com.br/fosforo-na-cultura-do-milho?teste=a>. Acesso em: 16 ago. 2025.

PRADO, R. de M. et al. **Tolerância de cultivares de milho a diferentes doses de zinco aplicadas nas sementes**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/x753QkC8p5mYx6s3yY4Fjbj/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 16 ago. 2025.

QUAGGIO, J. A. et al. Cana-de-açúcar. In: VAN RAIJ, B. et al. (org.). **Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2022

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

RIBEIRO, A. et al. **Manejo de nitrogênio e ciclagem de nutrientes na cultura do milho safrinha**. Revista Multidisciplinar em Ciências Agrárias, 2024. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2593/2254>. Acesso em: 16 ago. 2025.

SIBCS/RS. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 2004.

SILVA, J. C. et al. **Funções do magnésio e seus efeitos no crescimento das plantas**. In: SIMPÓSIO SOBRE O MAGNÉSIO NA AGRICULTURA, 1., 2019, Ilha Solteira. Anais [...]. Ilha Solteira: UNESP, 2019. p. 1–18.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM) – PET AGRONOMIA. **O nitrogênio na cultura do milho**. 2019. Disponível em: www.ufsm.br/pet/agronomia/2019/09/10/o-nitrogenio-na-cultura-do-milho . Acesso em: 16 jul. 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Corn**. Foreign Agricultural Service, 2025. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>. Acesso em: 16 ago. 2025.

VASCONCELLOS, C. A. et al. **Níveis, métodos de aplicação e fontes de fosfatos na produção de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1982. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/14721/8402>. Acesso em: 16 ago. 2025.

VELOSO, C. A. C. **Manual de análise de fertilizantes**. Brasília: Embrapa-SPI, 1995. 136 p.

YARA BRASIL. **Resumo nutricional do milho**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/resumo-nutricional-do-milho>. Acesso em: 16 ago. 2025.

ZONTA, E. et al. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134679/1/cap14-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO>. Acesso em: 16 de ago. 2025.