INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO – CAMPUS ITAPINA

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

# CÁSSIA FALQUETO

**EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA A SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA CULTURA DO MILHO.**

Colatina 2024

# CÁSSIA FALQUETO

**EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA A SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA CULTURA DO MILHO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria do Curso de Bacharelado em agronomia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Marcos Antônio Dell’Orto Morgado

Colatina 2024

(Biblioteca do Campus Itapina)

F196e

Falqueto, Cássia.

Eficiência da adubação nitrogenada associada a substâncias húmicas na cultura do milho / Cássia Falqueto. - 2024.

26 f. : il.

Orientador: Marcos Antônio Dell’Orto Morgado

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina,

Agronomia, 2024.

1. Eficiência agrícola. 2. Sustentabilidade. 3. Bioinsumo. I. Morgado, Marcos Antônio Dell’Orto. II.Título III. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD: 630

Bibliotecário/a: Júlia Schettino Jacob dos Santos CRB-ES nº 999



# AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos com uma profunda gratidão a Deus, que me sustentou e me deu força e coragem ao longo desses cinco anos. Sem Sua orientação divina, não teria conseguido superar os desafios e manter o foco em minha jornada acadêmica.

Minha eterna gratidão vai para meus pais, Solange e Odair, e para meu irmão Júnior. O amor incondicional, o apoio incansável e os sacrifícios que fizeram ao longo desta jornada foram essenciais para a realização deste trabalho. Suas palavras de incentivo foram meu refúgio em momentos difíceis, e seu exemplo de dedicação continua a ser minha maior fonte de inspiração.

Agradeço também aos meus queridos avós, Restolino e Maria, que desde cedo despertaram em mim o amor pela agricultura. O carinho e a sabedoria que vocês compartilharam enriqueceram minha vida de maneira imensurável. Seus valores e experiências são preciosos e sempre farão parte de quem eu sou.

Agradeço ao meu namorado Maurício, por estar ao meu lado durante toda essa jornada, e a todos os meus amigos e colegas do Ifes, com um agradecimento especial à Estefeny, que foi meu apoio constante e ombro amigo todos os dias. Também sou grato a todos os meus professores, cuja dedicação e paciência foram fundamentais para meu crescimento pessoal e profissional, especialmente ao meu orientador Marcão, cuja orientação tornou este trabalho possível.

Dedico este trabalho a todos vocês. Cada conquista alcançada é um reflexo do amor e do apoio que recebi. Muito obrigado por serem meu alicerce e por me incentivarem a buscar sempre o melhor.

# BIOGRAFIA

Cássia Falqueto, filha de Solange A. Bravim Falqueto e Odair Antônio Falqueto, tendo nascido em 22 de março de 2001 na cidade de Venda Nova do Imigrante, localizada no estado do Espírito Santo. Durante o Ensino Fundamental, estudou na conceituada EEEFM Fioravante Caliman, situada em Venda Nova do Imigrante, se formando em 2015. Posteriormente, realizou seus estudos de Ensino Médio na mesma instituição, onde se formou em 2018. Em agosto de 2019, teve início sua trajetória acadêmica na graduação de Bacharelado em Agronomia no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Espirito Santo Campus Itapina. Atualmente, segue em progresso neste curso.

# RESUMO

O trabalho teve como objetivo investigar a eficiência da adubação nitrogenada associada ao uso de substâncias húmicas provenientes de turfa, leonardita e da fermentação da cana-de-açúcar na cultura do milho. O estudo buscou avaliar como essas substâncias húmicas podem melhorar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados, visando uma agricultura mais sustentável e econômica. O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, utilizando um delineamento experimental blocos casualizados, em esquema fatorial com 13 tratamentos. Foram utilizadas quatro fontes diferentes de substâncias húmicas em combinação com três doses de ureia, além de um grupo controle. Foram avaliados parâmetros como altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, teores de clorofila, comprimento e diâmetro da espiga, peso da espiga, peso do sabugo e peso de 100 grãos. Os resultados mostraram que a redução de até 50% na adubação nitrogenada, quando combinada com certos bioinsumos como Turfa Gel® e Leonardita (Humitec®), não comprometeu significativamente os parâmetros de crescimento e produtividade do milho. Entretanto, o uso do bioinsumo MolTop® em combinação com uma dose reduzida de nitrogênio resultou em uma queda acentuada na produtividade. Esses achados sugerem que a escolha correta do bioinsumo e a dose de nitrogênio são cruciais para otimizar a produtividade das culturas e reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos. Este estudo reforça a viabilidade do uso de bioinsumos na agricultura como uma estratégia para diminuir o uso de fertilizantes sintéticos, desde que adequadamente ajustados às condições específicas de cultivo.

Palavras-chave: bioinsumos, *zea mais*, sustentabilidade, eficiência agrícola.

# ABSTRACT

The study aimed to investigate the efficiency of nitrogen fertilization combined with the use of fulvic acids derived from peat, leonardite, and sugarcane fermentation in corn cultivation. The research sought to evaluate how these bioinputs can enhance the effectiveness of nitrogen fertilizers, aiming for more sustainable and cost-effective agriculture. The experiment was conducted at the Federal Institute of Espírito Santo, Itapina Campus, using a randomized block design in a factorial scheme with 13 treatments. Four different sources of fulvic acids were used in combination with three doses of urea, along with a control group. Parameters such as plant height, number of leaves, stem diameter, chlorophyll content, ear length and diameter, ear weight, cob weight, and 100-grain weight were evaluated. The results showed that reducing nitrogen fertilization by up to 50%, when combined with certain bioinputs like Peat Gel® and Leonardite (Humitec®), did not significantly affect corn growth and productivity parameters. However, the use of the bioinput MolTop® in combination with a reduced nitrogen dose led to a marked decrease in productivity. These findings suggest that the correct choice of bioinput and nitrogen dose are crucial for optimizing crop productivity and reducing reliance on synthetic fertilizers. This study reinforces the viability of using bioinputs in agriculture as a strategy to reduce synthetic fertilizer use, provided they are properly adjusted to specific cultivation conditions.

Keywords: bioinputs, *zea mais*, sustainability, agricultural efficiency.

# SUMÁRIO

1. [INTRODUÇÃO 9](#_bookmark0)
2. [OBJETIVOS 11](#_bookmark1)
   1. [OBJETIVO GERAL 11](#_bookmark2)
   2. [OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11](#_bookmark3)
3. [REFERENCIAL TEÓRICO 12](#_bookmark4)
   1. [FERTILIZANTES NO BRASIL 12](#_bookmark5)
   2. [BIOFERTILIZANTES 13](#_bookmark6)
   3. [AMINOÁCIDOS 14](#_bookmark7)
4. [METODOLOGIA 15](#_bookmark8)
5. [RESULTADOS E DISCUSSÃO 18](#_bookmark9)
6. [CONCLUSÃO 22](#_bookmark10)

[REFERÊNCIAS 23](#_bookmark11)

# INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande relevância para o Brasil, tanto no aspecto econômico quanto social. O país se destaca como um dos maiores produtores mundiais desse cereal, sendo a sua produção uma das atividades agrícolas mais importantes e diversificadas em todo o território nacional. De fato, o Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de grãos, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos. (AGÊNCIA FPA, 2022).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a safra de grãos do Brasil em 2020/2021 foi de cerca de 271,7 milhões de toneladas, um aumento de 4,5% em relação à safra anterior. No caso do milho, a produção total foi de aproximadamente 107,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,6% em relação à safra anterior (CONAB, 2021).

O Estado do Espírito Santo considera o milho como o cereal de maior relevância socioeconômica, tendo uma área plantada de 128.475 hectares e um rendimento médio de 2.486 quilos por hectare, o que resulta em uma produção anual de

319.389 toneladas. No entanto, essa produção ainda não é suficiente para suprir a demanda interna do estado, que é de 350.000 toneladas anuais (FERRÃO, RG.; GAMA, E.E.G.; SANTOS, J.A.C. & DESSAUNE FILHO, N, 1990).

Aumentar a produtividade na produção de milho no estado do Espírito Santo é uma necessidade urgente. No entanto, o alto custo dos insumos, em especial dos fertilizantes, tem sido um fator limitante para a produtividade dos grãos no país. A dependência de importações de fontes não renováveis de nutrientes, como fósforo (P), nitrogênio (N) e potássio (K), tem contribuído para elevar os custos de produção das culturas (RAMOS et al., 2017). Felizmente, alguns setores do agronegócio têm conseguido produzir resíduos em abundância, o que possibilita o reaproveitamento dos nutrientes. Além de diminuir a destinação incorreta no ambiente, essa prática atribui um contorno de economia circular ao agronegócio (CRUZ, 2019).

A aplicação de fertilizantes químicos é uma das práticas mais custosas na produção das culturas tanto para alimentação humana como animal, além das taxas de aplicação, raramente são limitadas para refletir ou controlar seu uso excessivo ou perda permanente. Além disso, menos do 50% de N aplicado é absorvido pelas plantas devido à fatores como lixiviação, volatilização de amônia, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana (HALVORSON et al., 2002).

Atualmente, a busca por opções sustentáveis na agricultura tem se intensificado devido aos impactos negativos causados pelos defensivos e fertilizantes químicos sintéticos, que podem poluir o meio ambiente e causar a resistência de pragas e patógenos. Além disso, esses produtos podem desequilibrar o solo e afetar a produtividade das culturas. Uma alternativa cada vez mais utilizada na agricultura é a leonardita, um material sustentável e eficiente que é originado a partir da decomposição de depósitos orgânicos naturais ao longo de milhares de anos. Esse processo de intemperização do lignito e, em alguns casos, da turfa, resulta em um material com alto teor de carbono orgânico, que pode agregar qualidade e aumentar a produtividade das culturas (LANA, R. M. Q, 2022).

As propriedades das substâncias húmicas vão além do seu papel como tamponador de solo e estabilizador de pH. Essas substâncias também auxiliam na quelatação dos micronutrientes, facilitando a sua absorção pelas plantas. Adicionalmente, as substâncias húmicas podem aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, o que reduz a perda de nutrientes solúveis em água, como no caso da volatilização da ureia e lixiviação de N e K (LANA, R. M. Q, 2022).

Os ácidos húmicos constituem a maior fração das substâncias húmicas, tratam-se de precipitados escuros, solúveis em ácidos minerais e solventes orgânicos. Tem elevado peso molecular, capacidade de troca de cátions entre 350 e 500 meq 100 g- 1, com origem na lignina, possuem alto teor de ácidos carboxílicos e significativas quantias de nitrogênio (TAN, 1993).

Com o propósito de examinar o uso de substâncias humicas, esta pesquisa busca avaliar sua aplicação no cultivo de milho com a finalidade de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados.

# OBJETIVOS

* 1. OBJETIVO GERAL

Este estudo busca investigar como substâncias húmicas derivadas de turfa, leonardita, fermentação de cana-de-açúcar podem influenciar a redução da quantidade de fertilizante nitrogenado necessário para o crescimento e desenvolvimento do milho. O objetivo é entender como esses bioinsumos podem melhorar a eficiência dos nutrientes no solo, promovendo um uso mais eficaz dos fertilizantes e potencialmente reduzindo custos para os agricultores.

* 1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
* Determinar no milho a influência das substâncias húmicas extraídos de turfa, leonardita e de fermentação de cana-de-açúcar no crescimento radicular e na parte aérea.
* Relacionar o teor de nitrogênio nas folhas de milho com os diferentes tratamentos à base de substâncias húmicas.
* Verificar nas plantas de milho a influência das substâncias húmicas nos conteúdos de clorofila e flavonoides.
* Avaliar a influência da redução de dose nitrogenada associada as diferentes fontes de substâncias húmicas.

# REFERENCIAL TEÓRICO

* 1. FERTILIZANTES NO BRASIL.

Atualmente, o Brasil é responsável por importar cerca de 85% dos fertilizantes que utiliza, e aproximadamente 20% dessa quantidade vem da Rússia, evidenciando uma significativa dependência externa (LEON, 2022). Desde fevereiro de 2022, o conflito entre Rússia e Ucrânia tem gerado repercussões no mercado de fertilizantes brasileiro, impactando a produção agrícola. A crise energética na Europa, consequência direta do conflito, afeta também o Brasil, pois o aumento do preço do gás natural na Europa resulta em uma diminuição na produção de fertilizantes nitrogenados por diversas empresas. Isso leva a uma redução na oferta desses fertilizantes no mercado global, provocando altas nos preços, mudanças na economia do uso dos fertilizantes pelos agricultores e aumentando a insegurança alimentar (NEVES, 2022).

Esse cenário tem levado muitos produtores a procurar alternativas para manter a produtividade das suas culturas, reduzindo o uso de fertilizantes minerais. Investimentos e esforços voltados para a melhoria dos insumos agropecuários, manejo do solo, nutrição das plantas, e controle de pragas e doenças são essenciais para garantir uma produção sustentável e de alta produtividade nas lavouras brasileiras. Embora atualmente não exista uma alternativa que possa substituir completamente os fertilizantes minerais, opções como biofertilizantes e fertilizantes organominerais estão se mostrando promissoras. Estes produtos podem otimizar a adubação, aumentar a eficiência da aplicação e promover maior sustentabilidade ao garantir altas produtividades (SAMPAIO; FREDO; COSTA E BORTOLOTI, 2022; SACCOMORI, 2021).

Diante da crise dos fertilizantes minerais, há uma oportunidade valiosa para realizar pesquisas que revelem os efeitos dos biofertilizantes e fertilizantes organominerais em diversos cultivos e regiões. É também um momento propício para desenvolver soluções que permitam ao Brasil reduzir sua dependência de fertilizantes importados, utilizando biofertilizantes e organominerais produzidos internamente. A busca pela utilização eficiente de fertilizantes na agricultura brasileira visa diminuir

os custos fixos de produção e assegurar a produtividade, com os bioinsumos se destacando como uma alternativa promissora. Esses incluem fertilizantes organominerais, minerais mistos e biofertilizantes baseados em substâncias húmicas, extratos de algas, aminoácidos, entre outros. As novas tecnologias, como soluções bioestimuladoras, também emergem como opções para os produtores rurais.

* 1. BIOFERTILIZANTES

Os biofertilizantes são compostos pela combinação de dois ou mais reguladores vegetais ou biorreguladores, com outros produtos (BRASIL, 1980). Sua aplicação pode alterar processos vitais e estruturais das plantas, resultando em aumento da produtividade e melhoria na qualidade dos produtos finais. No solo, biofertilizantes e outros bioinsumos podem agir como quelantes ou complexantes, formando moléculas complexas com íons metálicos. Substâncias húmicas, compostas por ácidos húmicos e fúlvicos, têm cargas aniônicas e podem formar complexos metálicos estáveis, cuja estabilidade varia com o tipo de íon metálico (BALDOTTO et al., 2008; SPOSITO, 2008; ROSA, 2003). Estudos indicam que a associação de substâncias húmicas com ureia aumenta a eficiência da absorção de nitrogênio, reduzindo a quantidade necessária durante o ciclo produtivo (LEITE, 2015). Além disso, essas substâncias podem diminuir a atividade da enzima urease, reduzindo a perda de nitrogênio por volatilização, embora sejam necessários mais estudos para confirmar seu potencial na redução das doses de ureia e na garantia da produtividade (PERTUSATTI; PRADO, 2007).

No Brasil, não existem depósitos de leonardita, fonte comum de substâncias húmicas, o que faz com que os produtos comerciais à base de leonardita dependam de importação. Em contraste, a turfa, um material em decomposição de origem alagada, é rica em substâncias húmicas, como ácidos húmicos e fúlvicos. Esses compostos têm propriedades físico-químicas favoráveis para uso como fertilizante orgânico, e as substâncias húmicas extraídas de turfeiras brasileiras são excelentes para concentrar diversos elementos metálicos. Portanto, a utilização de turfa no Brasil é uma alternativa importante, tanto para a economia interna quanto para a produção de bioinsumos a partir de material orgânico nacional.

Biofertilizantes baseados em turfa, que contêm ácidos húmicos e fúlvicos, têm várias funções no metabolismo das plantas e na biologia do solo, aumentando a eficiência dos nutrientes e promovendo a tolerância das plantas a estresses abióticos (BALDOTTO et al., 2013; BALDOTTO; BALDOTTO, 2014; CANELLAS et al., 2014; SILVA et al., 2011).

Eles podem ser utilizados sozinhos ou em combinação com fertilizantes minerais e outros bioinsumos, oferecendo benefícios como o aumento da produtividade e a melhoria da estrutura da comunidade microbiana do solo. O uso desses produtos pode melhorar a biologia do solo e a sustentabilidade da produção agrícola ao longo do tempo, devido à diversidade de moléculas de carbono orgânico que estimulam a microbiota do solo (PUGLISI et al., 2013). A biomassa microbiana do solo depende da quantidade e qualidade de carbono orgânico labial, sendo que solos com mais carbono labial tendem a ter maior biomassa microbiana. Assim, o uso de substâncias húmicas contribui para o aumento de resíduos orgânicos e compostos solúveis para a microbiota do solo.

* 1. AMINOÁCIDOS

Aminoácidos também são utilizados como biofertilizantes devido às suas funções quelantes e complexantes. Quando associados a fertilizantes minerais, melhoram a absorção dos nutrientes pelas plantas (FERNÁNDEZ; SOTIROPOULOS; BROWN, 2013). Aminoácidos são essenciais na síntese de enzimas, proteínas estruturais, clorofila e hormônios vegetais, entre outros processos relacionados ao crescimento das plantas. Os L-aminoácidos, que possuem uma estrutura específica capaz de desviar a luz polarizada, são especialmente benéficos, promovendo crescimento, desenvolvimento e tolerância a estresses abióticos sem serem tóxicos ou fornecerem nutrição direta (NELSON; COX, 2018). Aminoácidos como glutamina e aspartato são abundantes nas plantas e participam de processos metabólicos essenciais, como a síntese de pigmentos, hormônios e lignina (PARTHASARATHY et al., 2018).

# METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no setor de Horticultura do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Itapina, localizado no município de Colatina, ES, nas coordenadas geográficas de 40° 37' 50" de longitude oeste e 19° 32' 22" de latitude sul. A região apresenta uma temperatura média anual de aproximadamente 25,8°C e uma precipitação pluviométrica média de 1170 mm. De acordo com a classificação climática de Köppen (PEEL et al., 2007), o clima da área é caracterizado como Tropical Aw, marcado por chuvas irregulares e temperaturas elevadas.

O solo da área experimental foi preparado por meio de uma aração seguida por duas gradagens. Em seguida, foi realizada semeadura (05 de outubro de 2023) no espaçamento 0,5m e a população 65.000 plantas/ha. A adubação de plantio foi 20 kg de N, 80 kg de P2O5 e 40 kg de K2O, baseada nas orientações de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), visando uma produtividade superior a 8 t/ha.

Após o desenvolvimento inicial da cultura, especificamente ao atingir o estágio de cinco folhas completamente desenvolvidas, fase na qual é recomendada a adubação de cobertura, foi instalado o experimento e aplicados os tratamentos (Tabela 01).

O arranjo experimental consistiu em um esquema fatorial 4x3+1, sob delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. A parcela foi composta por 3 linhas de plantio com 15 metros de comprimento, as linhas laterais e as quatro plantas iniciais e finais da linha central foram consideradas como bordadura. A parcela útil foi composta por 16 plantas.

Os trezes tratamentos foram originados da combinação de quatro diferentes fontes de substâncias húmicas e três doses de ureia, além de um grupo controle (tabela 01). As fontes de ácidos fúlvicos utilizadas foram produtos comerciais descritos como: Ativar® (dose 1,5 L/ha, contendo 20% de carbono orgânico total, 3,5% de potássio, 3% de enxofre, 4% de nitrogênio, 9% de ácidos fúlvicos e 5,05% de ácido glutâmico); MolTop® (dose 5L/ha, sem especificação do fabricante); Turfa Gel® (dose 5L/ha, composto por 1% de nitrogênio, 5% de potássio, 8,5% de carbono orgânico total, 17% de ácidos fúlvicos e 10% de ácidos húmicos); e Humitec® (dose:

1,5 Kg/ha, material de leonardita natural contendo 19,5% de ácidos húmicos, 6,65% de ácidos fúlvicos, 35,7% de matéria orgânica total, 15,1% de carbono orgânico total, 2% de nitrogênio, 5% de enxofre e 24% de silício).

A adubação nitrogenada de cobertura recomendada, equivalente a 140 kg de N/ha, foi aplicada utilizando o fertilizante Uréia (46% N). O tratamento controle recebeu 100% da dose de nitrogênio, sem a adição de ácidos húmicos. Nos demais tratamentos, foi utilizada essa dosagem, ou uma porcentagem dela, em combinação com diferentes fontes de ácidos húmicos.

**Tabela 1.** Descrição dos tratamentos avaliados.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tratamento** | **Dose de N** | **Ácidos fúlvicos** |
| T1- testemunha | 100% | Ausente |
| T2 | 100% | Turfa Gel® |
| T3 | 70% | Turfa Gel® |
| T4 | 50% | Turfa Gel® |
| T5 | 100% | Leonardita (Humitec®) |
| T6 | 70% | Leonardita(Humitec®) |
| T7 | 50% | Leonardita (Humitec®) |
| T8 | 100% | Fermentação de cana de açúcar (MolTop®) |
| T9 | 70% | Fermentação de cana de açúcar (MolTop®) |
| T10 | 50% | Fermentação de cana de açúcar (MolTop®) |
| T11 | 100% | Substâncias húmicas (Ativar®) |
| T12 | 70% | Substâncias húmicas (Ativar®) |
| T13 | 50% | Substâncias húmicas (Ativar®) |

As avaliações iniciais foram realizadas quando as plantas atingiram o estádio fenológico de pendoamento, período correspondente ao máximo desenvolvimento vegetativo. Foram mensurados os seguintes parâmetros morfométricos: número de folhas (NF); altura das plantas (AP), medida utilizando fita milimetrada, desde a base da planta até a extremidade do pendão; diâmetro do caule (DC), aferido com paquímetro digital de precisão (0,01 mm) a 8 cm acima da superfície do solo; teores

de Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total, estimados por meio de equipamento portátil ClorofiLOG CFL 1030, utilizando como referência a primeira folha acima da inserção da espiga; e matéria seca da parte aérea (MSPA), obtida após acondicionamento da parte aérea das plantas em sacos de papel e secagem em estufa com circulação de ar forçado até atingirem peso constante, sendo posteriormente pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g.

A segunda etapa de avaliação foi iniciada quando as plantas alcançaram a maturidade fisiológica, com os grãos apresentando menos de 15% de umidade em base úmida. As avaliações realizadas incluíram: comprimento das espigas (CE), e maior diâmetro das espigas sem palha (DE), foram medidos com paquímetro digital de precisão (0,01 mm); matéria seca da espiga (MSE), matéria seca dos grãos (MSG), matéria seca de cem grãos (MS100), e matéria seca do sabugo (MSS). Esses valores de matéria seca foram obtidos após o acondicionamento das espigas em sacos de papel e secagem em estufa com circulação de ar forçado até atingirem peso constante, sendo posteriormente mensurados em balança analítica com precisão de 0,01 g.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações relativas à altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, teores de clorofila A e B, massa seca da parte aérea e massa seca de 100 grãos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas segundo o teste F, ao nível de 5% de significância. Esses resultados indicam que as substâncias húmicas foram eficazes em permitir a redução de 50% da adubação nitrogenada sem comprometer os parâmetros avaliados.

Tabela 02: Comprimento das espigas (CE), diâmetro das espigas (DE), matéria seca da espiga (MSE), matéria seca do sabugo (MSSB), matéria seca dos grãos (MSG), em espigas de milho submetidas a diferentes tipos de tratamentos aos 90 dias após o plantio.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **TRATAMENTOS** | **CE** (cm) | **DE**  (mm) | **MSE** (g) | **MSSB** (g) | **MSG** (g) |
| T1 - Testemunha | 17,57 a | 44,46 a | 157,10 a | 25,04 a | 131,78 a |
| T2 – 100% N + Turfa Gel® | 17,34 a | 44,37 a | 157,57 a | 25,033 a | 131,98 a |
| T3 – 70% N + Turfa Gel® | 17,34 a | 44,34 a | 157,94 a | 26,03 a | 131,37 a |
| T4 – 50% N + Turfa Gel® | 17,01 a | 42,77 b | 146,33 a | 21,62 b | 124,14 a |
| T5 - 100% N + Humitec® | 16,56 a | 44,38 a | 155,73 a | 24,11 a | 131,11 a |
| T6 - 70% N + Humitec® | 16,97 a | 44,55 a | 160,75 a | 23,41 a | 136,72 a |
| T7 - 50% N + Humitec® | 16,91 a | 43,48 a | 144,25 a | 23,54 a | 120,24 a |
| T8 - 100% N + MolTop® | 16,06 b | 42,81 b | 141,96 ab | 20,10 b | 121,80 a |
| T9 - 70% N + MolTop® | 16,61 a | 44,37 a | 153,35 ab | 22,10 b | 130,30 a |
| T10 - 50% N + MolTop® | 15,28 b | 42,04 b | 122,81 b | 21,11 b | 101,36 b |
| T11 - 100% N + Ativar® | 16,17 b | 42,79 b | 138,82 ab | 20,38 b | 117,97 a |
| T12 - 70% N + Ativar® | 16,07 b | 44,13 a | 151,86 a | 22,07 b | 129,08 a |
| T13 - 50% N + Ativar® | 16,22 b | 42,17 b | 141,52 ab | 21,22 b | 120,86 a |

\* Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncam.

O comprimento da espiga não apresentou diferenças significativas entre o tratamento testemunha (T1) e a maioria dos tratamentos, exceto para T8, T10, T11, T12 e T13, que apresentaram valores inferiores. Esse resultado sugere que a aplicação de 100% de N com MolTop® (T8), 50% de N com MolTop® (T10) e as combinações com Ativar® (T11, T12, T13) podem não ser tão eficazes quanto o tratamento controle em manter o comprimento das espigas. A redução de N, especialmente em combinação com MolTop® e Ativar®, pode ter limitado o desenvolvimento das espigas.

O diâmetro da espiga apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento controle (T1) apresentou um diâmetro de 44,46 mm, superior aos tratamentos T4, T8, T10, T11 e T13, que mostraram diâmetros significativamente menores. Este resultado corrobora a literatura que enfatiza a importância do nitrogênio na formação e enchimento dos grãos, o que afeta diretamente o diâmetro da espiga (RUSSELL et al., 2006). A combinação de doses reduzidas de N com MolTop® (T8, T10) e Ativar® (T11, T13) pode não ter fornecido nutrientes suficientes para maximizar o diâmetro das espigas.

A massa seca da espiga não apresentou diferenças significativas entre o tratamento testemunha (T1) e a maioria dos outros tratamentos, exceto para T10, que apresentou uma redução significativa. Este resultado sugere que a redução de 50% de N combinada com MolTop® (T10) comprometeu a acumulação de biomassa na espiga, o que pode ser explicado pela menor disponibilidade de nitrogênio, essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CANTARELLA, 2007). A literatura mostra que a aplicação inadequada de nitrogênio pode limitar o enchimento de grãos e a produção total de biomassa.

A massa seca do sabugo foi significativamente menor nos tratamentos T4, T8, T9, T10, T11, T12 e T13 em comparação com o tratamento controle (T1). Isso indica que a redução de nitrogênio, especialmente quando combinado com MolTop® e Ativar®, pode ter impactado negativamente a formação do sabugo.

A massa seca dos grãos foi significativamente menor no tratamento T10, que utilizou 50% de N combinado com MolTop®, em comparação com o tratamento controle (T1). Isso sugere que a redução de nitrogênio afetou diretamente a produtividade dos grãos. Segundo RAUN e JOHNSON (1999), o nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para a produção de grãos de milho, e sua deficiência pode resultar em menor enchimento dos grãos, afetando negativamente a produção total.

Os resultados indicam a viabilidade da combinação de doses reduzidas de nitrogênio com bioinsumos para manter a produtividade de grãos em níveis equivalentes ao tratamento controle, mesmo com uma redução de 50% na dose de adubação nitrogenada de cobertura. Esse achado é particularmente relevante, pois

sugere que o uso de bioinsumos pode contribuir para uma agricultura mais sustentável, ao permitir a redução da aplicação de fertilizantes sintéticos sem comprometer a produtividade, conforme destacado na literatura (CANTARELLA, 2007).

A maioria dos tratamentos que combinam 50% ou 70% da dose de nitrogênio com bioinsumos como Ativar®, Humitec®, e Turfa Gel® demonstrou ser eficaz em manter a produtividade de grãos similar ao controle (100% N), indicando que esses bioinsumos podem melhorar a eficiência do uso do nitrogênio. Isso está em linha com estudos que sugerem que substâncias húmicas podem melhorar a absorção de nutrientes e a tolerância a estresses abióticos, como a deficiência de nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2003).

No entanto, o tratamento T10, que combinou 50% de N com MolTop®, apresentou desempenho inferior em várias métricas, como o comprimento da espiga, diâmetro da espiga, e massa seca dos grãos. Esses resultados sugerem que, nesse caso específico, a redução do nitrogênio não foi adequadamente compensada pelo bioinsumo MolTop®, o que resultou em menor produtividade. Esse achado reforça a importância de uma nutrição equilibrada e adequada para maximizar a produtividade das culturas, como observado por RAUN e JOHNSON (1999), que destacam o papel crucial do nitrogênio na produção de grãos de milho.

Estudos anteriores também corroboram que a eficiência do uso de fertilizantes pode ser significativamente melhorada quando combinada com bioinsumos que aumentam a disponibilidade e a absorção de nutrientes, reduzindo a necessidade de altas doses de fertilizantes sintéticos (RUSSELL et al., 2006). No entanto, a eficácia desses bioinsumos pode variar dependendo de sua composição, dosagem e a interação com outros fatores nutricionais e ambientais.

# CONCLUSÃO

Os tratamentos com redução de 30% e 50% na adubação nitrogenada, combinados com o uso de substâncias húmicas, não comprometeram significativamente a altura das plantas, número de folhas, diâmetro do caule, teores de clorofila A e B, massa seca da parte aérea e massa seca de 100 grãos, embora algumas métricas específicas tenham sido impactadas. A eficácia dos bioinsumos variou significativamente com a dose de nitrogênio; Turfa Gel® e Leonardita (Humitec®) apresentaram melhor desempenho na manutenção dos parâmetros de produtividade, especialmente em doses mais altas de nitrogênio. Contudo, a redução para 50% de nitrogênio, particularmente em combinação com MolTop®, resultou em uma queda acentuada na produtividade, sugerindo que MolTop® não compensou adequadamente a redução de nitrogênio. O Ativar® demonstrou capacidade moderada para manter a produtividade com doses reduzidas de nitrogênio, mas apresentou algumas limitações em comparação com o controle. Em suma, a combinação de bioinsumos com nitrogênio reduzido pode ser uma estratégia viável para reduzir a dependência de fertilizantes sintéticos, desde que a escolha do bioinsumo e sua interação com as doses de nitrogênio sejam cuidadosamente consideradas para otimizar a produtividade das culturas.

# REFERÊNCIAS

AGÊNCIA FPA. **Relatório sobre a produção de grãos no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.agenciafpa.org.br/relatorios/producao-de-graos-brasil-2022>. Acesso em: 10 set. 2024.

ALMEIDA, R. N. **Potencial genético de acessos de milho cultivados sob déficit hídrico**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, Alegre, 2018.

ARTUZO, F. D. et al. **Lei nº 6.894, de 1980 – art. 3º; Decreto nº 4.954, de 2004 – art. 1º; IN SDA nº 23, de 2005 – art. 1º**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 142,

p. 1-2, 28 jul. 2009.

BALDOTTO, Marihus Altoé et al. **Propriedades redox de ácidos húmicos isolados de um solo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1043-1052, 2008.

BALDOTTO, Marihus Altoé et al. **Frações da matéria orgânica e propriedades redox de substâncias húmicas em sedimentos de oceanos profundos**. *Química Nova*, v. 36, p. 1288-1295, 2013.

BALDOTTO, Marihus Altoé; BALDOTTO, Lílian Estrela Borges. **Ácidos húmicos**.

*Revista Ceres*, v. 61, p. 856-881, 2014.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da**

**safra brasileira de grãos – Monitoramento agrícola – Safra 2020/21, Nono levantamento**. Brasília, DF: Companhia Nacional de Abastecimento, v. 8, n. 9, p. 74, jun. 2021.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas**.

2018. Disponível em: https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie-

-historica-dashboard. Acesso em: 28 abr. 2023.

COSER, E. **Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (Zea mays L.) crioulo e convencional no município de Xaxim – SC**. 2010. Monografia (Graduação) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, UNOCHAPECÓ, Chapecó, 2010.

CRUZ, Nayara Fernanda Ferraz da Silva. **Produtividade de grãos e acúmulo de nutrientes em solo adubado com dejetos animais durante nove safras**. 2019. 55

f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

D. V. B. **Capacidade de troca de cátions (CTC) e carbono orgânico de fertilizantes organominerais**. 2015. Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

FERRÃO, R. G. et al. **Recomendações de cultivares de milho para o Estado do Espírito Santo, 1992/93**. *Revista Campo e Negócios*, 16 dez. 2022. Disponível em: https://revistacampoenegocios.com.br/o-uso-da-leonardita-na-agricultura. Acesso em: 10 set. 2024.

LEITE, José Marcos. **Eficiência agronômica da adubação nitrogenada associada à aplicação de substâncias húmicas em cana-de-açúcar**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

LEON, David A. et al. **The Russian invasion of Ukraine and its public health consequences**. *The Lancet Regional Health–Europe*, v. 15, p. 100234, 2022.

NEVES, Marcos Fava et al. **Fertilizantes Tocantins: growing in the challenging fertilizer business**. *International Food and Agribusiness Management Review*, v. 25,

n. 3, p. 531-541, 2022.

OLIVEIRA, F. A. de et al. **Efeito do nitrogênio na produção e na qualidade fisiológica de sementes de milho**. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 25, n. 2, p. 21-28, 2003.

OLIVEIRA, R. P. et al. **Considerações sobre o uso do solo e a regionalização do balanço de potássio na agricultura brasileira**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 1-841.

PARTHASARATHY, Anutthaman et al. **A three-ring circus: metabolism of the three proteogenic aromatic amino acids and their role in the health of plants and animals**. *Frontiers in Molecular Biosciences*, v. 5, p. 29, 2018.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PERTUSATTI, Jonas. **Aspectos físico-químicos da protonação e desprotonação da superfície do ácido húmico**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso – [Instituição], [Cidade], 2007.

**Potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho**. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá (PR), v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

RAMOS, L. A.; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; SILVA, A. A. **Effect of**

**organo-mineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties**. *African Journal of Agricultural Research*, v. 12,

n. 1, p. 20-27, 2017. DOI: 10.5897/AJAR2016.11024.

RAUN, W. R.; JOHNSON, G. V. **Improving nitrogen use efficiency for cereal production**. *Agronomy Journal*, v. 91, p. 357-363, 1999.

RUSSELL, A. E.; LUCAS, R. L.; KARLEN, D. L. **Nitrogen management influences corn yield and nitrous oxide emissions**. *Soil Science Society of America Journal*,

v. 70, p. 1453-1458, 2006.

SACCOMORI, Natalia Landskron et al. **Bioestimulantes à base de extrato de algas marinhas na agricultura: estado da arte e potencial de uso**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – [Instituição], [Cidade], 2021.

SAMPAIO, Renata Martins et al. **Tecnologias fitossanitárias: um estudo do Manejo Integrado de Pragas (MIP) na produção paulista de laranja, LUPA 2016/2017**. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 61, p. 1-16, 2022.

SILVA, Alexandre Christofaro et al. **Composição lignocelulósica e isótopica da vegetação e da matéria orgânica do solo de uma turfeira tropical: II- substâncias húmicas e processos de humificação**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, p. 134-144, 2013.

TAN, K. H. **Principles of soil chemistry**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1993. 362 p.