

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
ANGRECHELLY TORQUATO DOS SANTOS

**ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR DE MANGANÊS NA CULTURA DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

CERES – GO
2024

ANGRECHELLY TORQUATO DOS SANTOS

**ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR DE MANGANÊS NA CULTURA DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação do Prof. Dr. Roriz Luciano Machado e coorientação do Dr. Antonio Evami Cavalcante Sousa.

**CERES – GO
2024**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

TT687 Torquato dos Santos, Angrechelly
 ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR DE MANGANÊS NA CULTURA DE
 CANA-DE-AÇÚCAR / Angrechelly Torquato dos Santos;
 orientador Roriz Luciano Machado; co-orientador
 Antonio Evami Cavalcante Sousa. -- Ceres, 2024.
 17 p.

 TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal
 Goiano, Campus Ceres, 2024.

 1. Saccharum officinarum L. 2. Cultivares. 3.
 Micronutriente. 4. Sulfato de manganês. . I.
 Machado, Roriz Luciano , orient. II. Cavalcante
 Sousa, Antonio Evami , co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☒ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Angrechelly Torquato dos Santos

Matrícula:

2019103200240013

Título do trabalho:

Adubação complementar de manganês na cultura da cana-de-açúcar.

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 14 / 08 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

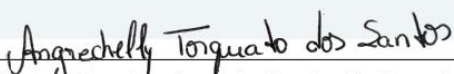
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres-GO

15/08/2024


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) coordenador(a)



Documento assinado digitalmente
ANTONIO EVAMI CAVALCANTE SOUSA
Data: 15/08/2024 20:33:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) coordenador(a)

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) NOVE dia(s) do mês de AGOSTO do ano de dois mil e 24,
realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) ANGRECHELY
TORQUATO DOS SANTOS, do Curso de BACHARELADO EM AGRONOMIA
matrícula 2019103200240013 cujo título é “ADUBAÇÃO COMPLEMEN-
TAR DE MANGANÊS NA CULTURA DA CANA-
DE AÇÚCAR”. A defesa iniciou-se às
13 horas e 42 minutos, finalizando-se às 15 horas e 21 minutos. A banca examinadora
considerou o trabalho APROVADO com média 7,2 no trabalho escrito, média 8,1
no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 7,6 de pontos, estando o(a)
estudante APTA para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário
acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital
(.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e
Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

Roriz Luciano Machado
Assinatura Presidente da Banca

Kamila Cristina de Caldas Leite
Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

Mônica Lourenço da Silva Marques
Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

Dedico este trabalho a minha mãe Ivanete e a Daniela Lago, por sempre acreditarem em mim, por abraçar os meus sonhos e não medirem esforços para me ajudar a concretizá-los. E a todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente ao longo desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar força, coragem e determinação para chegar até aqui. Sem a sua graça e sustentação, não teria sido possível enfrentar e superar os desafios ao longo desta jornada. Obrigada, Deus, por nunca me deixar desistir e por me guiar em cada passo do caminho.

Agradeço a minha mãe Ivanete, umas das pessoas mais importantes da minha vida, a primeira pessoa a me incentivar a estudar e acreditar nos meus sonhos, mulher forte e guerreira, exemplo de pessoa e mãe. Abdicou de muito para me proporcionar todo suporte que eu precisava, obrigada mãe, pelo seu amor incondicional e sua paciência. Essa conquista é mais sua do que minha mãe, eu fiz o que tinha que ser feito, mas o trabalho duro e ardo foi à senhora quem fez, e espero retribuir tudo que fez e faz por mim.

A minha irmã Altima, que sempre cuidou de mim como se fosse minha mãe, aos meus sobrinhos Josué e Elias, por todo amor e carinho que me dão, ao meu cunhado Emerson, que juntamente com a minha irmã cuidou de mim quando mais precisei. Obrigada Família!

Agradeço também Daniela Lago, que além da minha família foi à pessoa que me acompanhou por toda essa jornada, se tornando também (família), lar e minha base de apoio, uma pessoa que serei sempre grata.

As minhas amigas Carla Borges e Sarah Ramos, amigas que o IF Goiano me deu, sendo minha família nessa caminhada acadêmica, elas que nunca saíram do meu lado, sempre incentivando umas às outras, nesse trajeto compartilhamos momentos felizes, tristezas, medos e muito sorrisos. Obrigada meninas, por estarem nesta caminhada e por fazer meus dias mais alegres.

Agradeço profundamente a todos os professores da graduação do IF Goiano que contribuíram para a minha formação acadêmica e pessoal. Suas orientações, paciência e dedicação foram fundamentais para o meu desenvolvimento e para a realização deste trabalho. Em especial ao professor Roriz Luciano e ao meu e orientador Antônio Evami, por acreditarem em mim e serem minhas referências acadêmicas. Obrigada a cada aula, os conselhos e incentivos, os quais fizeram total diferença nessa jornada. Meu muito obrigado por todo o conhecimento compartilhado.

Sou muito grata por ter tido a oportunidade de trabalhar neste projeto de pesquisa, agradeço ao Instituto Federal Goiano Campus Ceres juntamente a Usina CRV Industrial, pelo apoio e serviços prestados em todas as etapas de condução deste experimento.

“Em tudo, daí graças. ”

/ TESSALONICENSES 5:18

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) destaca-se como uma das culturas agrícolas mais importantes economicamente e sua produção está ligada a disponibilidades de macro e micronutrientes no solo. O manganês (Mn) é o segundo micronutriente mais exigido pela planta. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de manganês no desenvolvimento, produtividade, atributos tecnológicos e biométricos em duas cultivares de cana-de-açúcar. O estudo foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, na Unidade de Pesquisa em Cana-de-açúcar, em colaboração com a Usina CRV Industrial. O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em quatro doses de manganês (0; 5,0; 10 e 15 kg ha⁻¹) aplicadas em dois cultivares de cana-de-açúcar (RB92579 e SP801816). As variáveis avaliadas foram: altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), área foliar (AF), produtividade de colmos (PRO), pol do caldo (PC), teor de sacarose aparente (POL), teor de fibra (Fibra), açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Houve diferenças para o fator cultivar quanto à área foliar, largura de folha, pol do caldo e teor de sacarose aparente, porém não houve interação entre cultivar e dose ou fator isolado dose. Já as variáveis biométricas (AP, DC, NG, NF, LF e CF) quanto tecnológicas (ATR, TSS, PC, FIBRA, ART, PBU, AR, PRZ e 14 BRIX) não demonstraram significância. A produtividade de colmos não foi influenciada pelos tratamentos avaliados.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L. Cultivares. Micronutriente. Sulfato de manganês.

ABSTRACT

Sugarcane stands out as one of the most important agricultural crops economically, its production is linked to availability of macro and micronutrients in the soil. Manganese (Mn) is the second most required micronutrient by the plant. The present study aimed to evaluate the effect of different doses of manganese on development, productivity, technological and biometric attributes in two sugarcane cultivars. This study was conducted at the Federal Institute of Goiano - Campus Ceres, in the Research Unit in Cana-de-Açúcar, in collaboration with the CRV Industrial Plant. The experimental design used was the completely randomized in subdivided plots, being the plot, 2 cultivars (RB92579 and SP801816), and the subplots, 4 doses of manganese (0; 5.0; 10 and 15 kg ha⁻¹), with three repetitions. The variables evaluated were plant height (AP), number of leaves (NF), stem diameter (DC), leaf area (AF), yield of stems (PRO), stock pol (PC), apparent sucrose content (POL) fiber content (Fiber), reducing sugars total (ART), reducing sugars (AR). The data obtained were submitted to analysis of variance. There were differences for the cultivar factor for leaf area, leaf width, broth pol and apparent sucrose content, but there was no interaction between cultivar and dose or isolated factor dose. The biometric variables (AP, DC, NG, NF, LF and CF) as technological (ATR, TSS, PC, FIBER, ART, PBU, AR, PRZ and BRIX) did not demonstrate significance. The yield of stems was not influenced by the treatments evaluated.

Keywords: *Saccharum officinarum* L. Cultivars. Micronutrient. Manganese sulfate.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo na área experimental. Ceres, 2019. -----	4
Tabela 2. Análise de variância, para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês. -----	5
Tabela 3. Análise de variância, para largura da folha (LF), comprimento da folha (CF) e número de gemas (NG) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês. -----	6
Tabela 4. Análise de variância para produtividade de colmo (PRO) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês. -----	7
Tabela 5. Análise de variância, para pol do caldo (POL_CAL), Teor de sacarose aparente (POL_ CAN), e fibra em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês. -----	8
Tabela 6. Análise de variância, para Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcares Redutores (AR), Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês. -----	8

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Aspectos socioeconômicos e ambientais da cultura da cana-de-açúcar	2
2.2 Cultivares de cana-de-açúcar RB92579 e SP801816	3
2.3 Micronutrientes.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
5. CONCLUSÕES.....	13
6. REFERÊNCIAS	14

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), membro da família Poaceae (Gramínea), destaca-se como uma das culturas agrícolas mais importantes globalmente. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar onde na safra 2023/24, registrou recorde de produção alcançando 713,2 milhões de toneladas, um aumento significativo de 16,8% em relação à safra anterior. O Centro-Oeste do Brasil se destaca como o segundo maior produtor de cana-de-açúcar, contribuindo com 145 milhões de toneladas para o setor sucroenergético atingindo produtividade média de 81.537 kg ha⁻¹ em uma área de 1.788,8 mil hectares (CONAB, 2024).

A escolha da variedade também é um ponto crucial, visto que o mercado oferece diversos materiais genéticos. A variedade RB92579 destaca-se pela excelente produtividade agrícola, ótimo perfilhamento, bom fechamento da entrelinha, ótima brotação das socarias, garantindo longevidade dos canaviais, (RIDESA, 2010). A SP801816 destaca-se pela brotação de soqueira, rápido desenvolvimento vegetativo e porte ereto, sendo excelente opção para o corte mecanizado de cana crua e resistência intermediária à broca e boa sanidade às outras principais doenças (COOPERSUCAR, 2019).

Os nutrientes exercem funções vitais nos processos metabólicos, fenológicos e na ativação enzimática das plantas (MELLIS & QUAGGIO, 2015). Os micronutrientes, embora necessários em menor quantidade se comparados aos macronutrientes, desempenham papel igualmente essencial no desenvolvimento das plantas.

Segundo Bennet *et al.* (2013) o manganês é o segundo micronutriente mais exigido pela cultura da cana-de-açúcar e a sua falta pode ocasionar problemas à cultura canavieira, principalmente baixa produtividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de manganês na produtividade, desenvolvimento e nos atributos tecnológicos e biométricos em dois cultivares de cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos socioeconômicos e ambientais da cultura da cana-de-açúcar

A dinâmica da economia canavieira no Brasil teve registro desde a época colonial e se estende como atividade econômica de grande estrutura até os dias atuais. Inicialmente, se propagou na região litorânea do Nordeste, estendendo-se, posteriormente, para o Centro-Sul brasileiro. Responsável por uma variedade de produtos dela derivados, a cana-de-açúcar é cultivada em todas as regiões do país, contribuindo acentuadamente na constituição do Produto Interno Bruto (PIB) agropecuário (SILVA FILHO et al., 2014).

A agroindústria canavieira no Brasil movimenta, aproximadamente, 2% do seu PIB e gera cerca de 1 milhão de empregos formais, com total salarial em torno de US\$ 738 milhões. A produção de etanol e a cogeração de energia derivada do bagaço já representam 15,7% da energia do país (SHIKIDA, 2013).

O fornecimento de matéria-prima em nível e frequência adequados é imprescindível para otimizar o uso das infraestruturas disponíveis (URIBE et al., 2016). Para tanto, deve-se buscar otimizar os sistemas produtivos pelo uso de variedades adequadas, manejo adequado da cultura e manutenção da fertilidade do solo. Em relação à fertilidade do solo, é importante caracterizar a aptidão agrícola ou os ambientes de produção para que ações específicas possam ser tomadas, não um único manejo da fertilidade para todas as áreas. Avaliar as características de adequação do solo para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável é primordial, levando em consideração sua produtividade potencial, para fazer as correções e as fertilizações de maneira correta para seu uso racional (MALAVATH; MAHESH; BALAGURUVAIAH, 2018).

O manejo da fertilidade do solo deve buscar a nutrição mais adequada possível para a cultura para cada ambiente de produção. O gerenciamento integrado da fertilidade do solo é um meio de aumentar a produtividade das culturas, maximizando a eficiência agronômica dos insumos aplicados, contribuindo, portanto, para uma produção mais sustentável (VANLAUWE et al., 2015).

Além de se preocupar com a nutrição adequada visando a aumentar a produtividade, deve-se avaliar a sustentabilidade do ambiente de produção objetivando não exaurir os nutrientes, bem como não degradar a qualidade do solo em médio e longo prazo. Para tanto, deve ser avaliado o balanço de nutrientes no ambiente de produção. Ao incluir os custos exigidos com fertilizantes, a medida de suas respostas permite o cálculo dos retornos econômicos. Balanços de nutrientes calculados em diferentes ambientes fornecem uma visão dos desafios de estabilidade e sustentabilidade que os sistemas agrícolas envolvidos podem sofrer no futuro (KRAAIJVANGER; VELDKAMP, 2015).

2.2 Cultivares de cana-de-açúcar RB92579 e SP801816

Em 2003, sob a responsabilidade do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar-PMGCA, do Centro de Ciências Agrárias, a Universidade Federal de Alagoas liberou a variedade RB92579 para o setor produtivo, obtida e selecionada dentro da logística de uma instituição pública de ensino, pesquisa e extensão (RIDESA, 2010).

A RB92579 tem como principais características excelente produtividade agrícola, ótimo perfilhamento, bom fechamento da entrelinha, ótima brotação das socarias, garantindo longevidade dos canaviais. Tem porte semiereto, com ótima colheitabilidade, boa recuperação após períodos de seca, altamente responsiva à irrigação e muito eficiente no uso da água, alta eficiência no uso dos principais nutrientes, ótimo teor de sacarose e maturação média com período de utilização industrial (PUI) longo. É recomendada para colheita do meio para o final de safra. Tem florescimento baixo, é tolerante em relação ao ataque da broca comum, resistente à ferrugem marrom e escaldadura das folhas e moderadamente resistente ao carvão (RIDESA, 2010).

Desde sua liberação, a RB92579 vem apresentando expressivas elevações das áreas colhidas pelas empresas da região em função de suas vantajosas produtividades agroindustriais de 30% a 40% acima das outras que eram mais cultivadas e 60% acima das variedades cultivadas há duas décadas. A variedade de cana-de-açúcar RB92579 é atualmente a mais cultivada no nordeste do Brasil.

Destacou-se com produtividade até 30% maior, mas, em geral, apresenta suco escuro devido ao alto teor de fenóis (AZEVEDO et al., 2019).

Na maioria das unidades da região nordeste do Brasil, têm sido observadas elevadas produtividades agrícolas (média acima de 80 t/ha) e elevadíssima produtividade quando sob irrigação plena (média acima de 140 t/ha). Esses resultados com o cultivo da RB92579 têm marcante contribuição para a competitividade de muitas empresas da região. Entre outros exemplos, na usina Agrovale, na Bahia, em área de 60 ha com RB92579 sob irrigação plena, foram obtidas 260 t/ha, um recorde mundial (RIDESA, 2010).

A variedade SP801816 destaca-se pela brotação de soqueira, rápido desenvolvimento vegetativo e porte ereto, sendo excelente opção para o corte mecanizado de cana crua. Apresenta boa resposta à aplicação de maturadores químicos. O perfilhamento é excelente, assim como o fechamento de entrelinhas. Não floresce, o teor de fibra é alto, não apresenta tombamento e a exigência em fertilidade do solo é média. Tem sensibilidade média a herbicidas. A maturação é semiprecoce na cana-planta e um pouco mais precoce na soca, atingindo altos teores de sacarose. Tem resistência intermediária à broca e boa sanidade às outras principais doenças e não tem mostrado os sintomas de amarelecimento (COOPERSUCAR, 2019).

2.3 Micronutrientes

Os micronutrientes são exigidos pela planta em menor quantidade se comparada aos macronutrientes, mas exerce a mesma importância para o desenvolvimento das plantas. Na ausência desses nutrientes, ocorrem deficiências, comprometendo o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das culturas (CREMONESI et al., 2019).

O Manganês (Mn) é um micronutriente considerado essencial para as plantas, pois atua na síntese de clorofila, além da ativação de diversas enzimas (DECHEN e NACHTIGALL, 2006), podem ser definidos como aqueles sem os quais as plantas não completam seu ciclo de vida, insubstituíveis por outros, e diretamente envolvidos no metabolismo vegetal (BECARI, 2010).

De acordo com Liu et al. (2020) a disponibilidade do Mn no solo é influenciada por diversos fatores, como pH, potencial redox e presença de matéria orgânica, além de sua interação com outros cátions como ferro, cálcio e magnésio. A eficácia da absorção do manganês pelas plantas está condicionada ao estado de oxidação presente no solo. O contato com a planta ocorre na forma de íon Mn^{2+} pela raiz, por meio de três processos distintos. Esse elemento possui maior taxa de contato por difusão, em que se move de uma região de maior concentração para um local de menor concentração, podendo ocorrer por via fluxo de massa e interceptação, porém com menor ocorrência (TAIZ et al., 2017).

A deficiência de manganês (Mn) é comum em solos arenosos, calcários ou com pH elevado, resultando em distúrbios no desenvolvimento das plantas (DZIWORNU et al., 2018) comprometendo significativamente o crescimento, desenvolvimento e a produtividade da cultura. Segundo Prado (2021), o sintoma mais evidente de deficiência de Mn é a clorose (amarelecimento) nas folhas jovens, sendo esses sinais mais notáveis do que os causados pela deficiência de ferro (Fe). No entanto, é importante destacar que os sintomas podem variar conforme a cultivar. Outros sinais de deficiência de Mn incluem necrose e crescimento atrofiado (DZIWORNU et al., 2018). A toxicidade de Mn, por outro lado, pode ser identificada pelo encarquilhamento das folhas (MASCARENHAS et al., 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, na Unidade de Pesquisa em Cana-de-Açúcar, em colaboração com a Usina CRV Industrial, nas coordenadas geográficas da região são latitude 15°20'45"Sul e longitude 49°36'19"Oeste com altitude de 581 m. O clima local é classificado como Aw, caracterizado como tropical com estação seca, de acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger.

Antes da aplicação das dosagens, procedeu-se à coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, com auxílio de enxadão, foram feitas amostras compostas, seguindo um padrão de amostragem sistemática, garantindo representatividade da área experimental. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos do campus para a determinação das propriedades químicas do solo, os resultados das análises químicas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das propriedades químicas do solo da área experimental. Ceres, GO. 2019

pH	M.O	Ca	Mg	Al	H+Al	K	T	K	P	V	M
em	gdm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		%	
H ₂ O											
5,6	16,8	3,2	1,4	0,1	2,2	0,4	7,4	158,5	9,0	70,3	1,7

Fonte: Laboratório de solos, IF Goiano Campus Ceres, 2019.

De acordo o sistema brasileiro de classificação do solo, a área experimental foi classificada como Latossolo Vermelho eutrófico textura argilosa (SANTOS et al., 2018).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo a parcela, 2 cultivares de cana-de-açúcar (RB92579 e SP801816), e as subparcelas, 4 doses de manganês (0; 5,0; 10 e 15 kg ha⁻¹), com três repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

Como fonte de manganês, utilizou-se o sulfato de manganês (31% Mn, 17% S e 1% K). As parcelas experimentais foram constituídas por 5 linhas de plantio, cada

uma com 5 metros de comprimento e espaçamento de 1,5 metros entre elas, resultando em uma área total de 450 m².

A primeira aplicação de nutrientes na área experimental ocorreu aos 210 dias após o plantio (DAP), pela Usina CRV, sendo utilizado 600 kg ha⁻¹ da formulação NPK 05-25-25, conforme os padrões de adubação estabelecidos por esta unidade industrial. Posteriormente, com 240 DAP, foi realizada a aplicação de sulfato de manganês no sulco de plantio.

Aos 450 DAP, realizou-se a amostragem de plantas (10 plantas da linha central de cada parcela) e a condução das análises biométricas de altura de planta (AP); número de folhas (NF); largura de folha (LF); comprimento de folha (CF); diâmetro do colmo (DC); número de gemas (NG) e produtividade de colmos (PROD).

Para medir a altura das plantas seguiu-se a metodologia proposta por Oliveira et al. (2016), a qual mede-se a distância do primeiro nó após o corte, até a base da folha. Destaca-se que a mesma folha foi utilizada para a determinação do comprimento e largura, utilizando fita métrica de 30 m, com cinta metálica e graduação milimétrica, de alta precisão. Já o diâmetro foi mensurado no meio do primeiro colmo, com auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros.

Todas as amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório da CRV Industrial para as análises tecnológicas. Essas variáveis analisadas foram: pol do caldo (PC), teor de sacarose aparente (POL), teor de fibra (Fibra), açúcares redutores totais (ART), açúcares redutores (AR), peso do bagaço úmido (PBU), pureza (PRZ) e Brix.

A produtividade de colmos por hectare (PROD) foi calculada nas 24 parcelas experimentais. Para isso, a cada metro de planta, um metro de cana era cortado e pesado utilizando-se balança digital eletrônica de precisão 5kg x 1g.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e análise de regressão para os tratamentos significativos ($p < 0,05$) relacionados à dose, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta resumo da (ANOVA) das avaliações de desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar após 450 DAP. O resultado através da análise de variância (Tabela 2) demonstra que não ocorreu efeito dos tratamentos, assim como para fatores interativos, no qual não foi observado efeitos significativos para os tratamentos entre as variáveis (AP), (NF) e (DC) nos níveis de 1% e 5%.

Tabela 2. Resumo da análise de variância (quadrado médio), para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.

Fonte de variação		GL	AP	NF	DC
Bloco		2	0,017033 ^{NS}	0,437500 ^{NS}	
		5,738819 ^{NS}			
Cultivar (CV)	1	0,000033 ^{NS}	1,020833 ^{NS}	8,208802 ^{NS}	
Dose	3	0,165572 ^{NS}	0,354167 ^{NS}	3,107191 ^{NS}	
CV x Dose	3	0,046739 ^{NS}	1,354167 ^{NS}	9,589541 ^{NS}	
Resíduo (A)	3	0,046739	1,354167	9,589541	
Resíduo (B)	35	0,040849	0,406548	5,468086	
%CV (A)		6,21	30,52	10,79	
%CV (B)		5,81	16,72	8,15	

%CV= coeficiente de variação; **Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Fonte: Autores (2024).

A adubação com micronutrientes nos últimos anos tem ganhado mais espaço no manejo nutricional da cultura com respostas positivas, devido ao aumento do cultivo em áreas de baixa fertilidade. Os poucos trabalhos demonstram incrementos importantes em produção e qualidade de produto quando se fornece Mn às plantas de cana-de-açúcar.

Os resultados encontrados diferem dos observados por Mellis et al. (2016) avaliando a aplicação de micronutrientes em 11 locais de produção de

cana-de-açúcar verificaram que o Mn foi o segundo micronutriente que mais incrementou a produtividade (12 t ha^{-1}) aplicando 10 kg ha^{-1} de Mn no sulco de plantio. O crescimento da parte aérea também foi favorecido pelo fornecimento de Mn em relação as plantas que não receberam o micronutriente (SINGH et al., 2002). De forma semelhante, a aplicação de $6,9$ e $6,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mn no sulco de plantio, aumentaram o número de internódios e diâmetro do colmo de cana-de-açúcar, respectivamente (BENETT et al., 2011). Uma justificativa para falta de respostas neste estudo pode ser aplicação única (entre 50 e 60 dias após rebrotamento da cana), não sendo suficiente para apresentar respostas nas variáveis analisadas ou pelo nível do nutriente do solo estar acima do nível crítico.

Na Tabela 3, está apresentado os resultados referentes às variáveis largura da folha (LF), comprimento da folha (CF) e número de gemas (NG). Verifica-se que ocorreu efeito significativo apenas para a variável largura de folha para fator isolado doses. Embora tenha sido significativo para essa variável, os modelos de regressão até 2º ordem não apresentara ajuste com boa qualidade, tendo em vista baixo coeficiente de determinação R^2 , não sendo apresentado esses resultados.

Tabela 3. Análise de variância (quadrado médio), para largura de folha (LF), comprimento de folha (CF) e número de gemas (NG) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.

Fonte de variação	GL	LF	CF	NG
Bloco	2	1,737708**	1,737708**	0,770833 ^{NS}
Cultivar (CV)	1	0,016875 ^{NS}	0,012033 ^{NS}	5,333333 ^{NS}
Dose	3	0,483542**	0,027039 ^{NS}	14,138889 ^{NS}
CV x Dose	3	0,003542 ^{NS}	0,037083 ^{NS}	6,500000 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0,003542	0,037083	6,500000
Resíduo (B)	35	0,618732	0,010537	3,932143
%CV (A)		1,59	14,16	12,16
%CV (B)		20,99	7,55	9,46

%CV= coeficiente de variação; ** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Fonte: Autores (2024).

As variáveis CF e NG não apresentaram diferenças significativas como demonstra a tabela acima. O manganês é o segundo micronutriente mais exigido pela cultura da cana-de-açúcar (BENNET et al., 2013) e a sua falta pode ocasionar problemas à cultura canavieira, principalmente baixa produtividade. Em redução da disponibilidade de Mn em solos acontece por diversas condições que englobam as características intrínsecas ao solo, como alto teor de matéria orgânica (ALEJANDRO et al., 2020). Seguindo a tendência do cultivo da cana-de-açúcar em regiões de menor concentração desse micronutriente, associado à falta de reposição via adubação do que é extraído, a ocorrência de deficiência é eminente.

Apesar de absorvido em menores quantidades em relação aos macronutrientes, a deficiência de Mn acarreta distúrbios graves nas plantas, que muitas vezes se desenrolam como um evento em cascata devido às funções do Mn estarem relacionadas aos mais importantes processos do metabolismo vegetal.

Na Tabela 4, em relação à variável produtividade de colmos (PROD), não houve diferenças estatísticas para os fatores isolados e interativos.

Tabela 4. Análise de variância (quadrado médio) para produtividade de colmo (PROD) em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.

Fonte de variação	GL	(PROD)
Bloco	2	0,800137 ^{NS}
Cultivar	1	0,003267 ^{NS}
Dose	3	0,958800 ^{NS}
CV x Dose	3	1,065067 ^{NS}
Resíduo (A)	3	1,065067
Resíduo (B)	11	0,550460
%CV (A)		20,10
%CV (B)		14,45

%CV= coeficiente de variação; * *Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo.

Fonte: Autores (2024).

Gava et al. (2003) constataram que o crescimento máximo da cultura ocorreu durante o período inicial de crescimento, havendo acréscimo gradual até a fase de maturação. Barbosa (2005), trabalhando com cinco variedades em sistemas irrigado e de sequeiro, não observou efeito significativo na altura média de colmos no estágio de colheita.

Benett e colaboradores (2016) relataram que após aplicação de doses de manganês na cana-de-açúcar em cortes sucessivos não incrementaram na produtividade de colmos.

As cultivares utilizadas na Tabela 5 apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$), para as variáveis: pol do caldo (POL CAL) e teor de sacarose aparente (POL CAN), não havendo resposta significativa para interação entre cultivar e dose e isoladamente para dose. A variável fibra não demonstrou diferença significativa para nenhum tratamento.

Tabela 5. Resumo da ANOVA (quadrado médio), para pol do caldo (POL_CAL), Teor de sacarose aparente (POL_CAN), e fibra em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.

Fonte de variação	GL	POL CAL	FIBRA	POL CAN
Bloco	2	0,196467 ^{NS}	0,199063 ^{NS}	0,242317 ^{NS}
Cultivar	1	1,782150*	0,050417 ^{NS}	1,358504*
Dose	3	0,218961 ^{NS}	0,674989 ^{NS}	0,037315 ^{NS}
CV x Dose	3	0,138872 ^{NS}	0,455317 ^{NS}	0,126882 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0,138872	0,455317	0,126882
Resíduo (B)	11	0,693835	1,454472	0,397938
%CV (A)		2,08	5,13	2,39
%CV (B)		4,64	9,16	4,24

%CV= coeficiente de variação; * Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo,

Fonte: Autores (2024).

Analisando as variáveis ART, AR, PBU, PRZ e BRIX (Tabela 6), verifica-se que não houve diferença significativa para interação entre cultivar e dose, no entanto, isoladamente as variáveis ART e BRIX demonstraram efeito significativo ($p < 0,05$) em relação a cultivar. A variável pureza apresentou efeito significativo,

($p < 0,01$) para os fatores isolados bloco e cultivar e não significativo para dose e interação entre cultivar e dose (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da ANOVA (quadrado médio), para Açúcares Redutores Totais (ART), Açúcares Redutores (AR), Peso do Bagaço Úmido (PBU), Pureza (PRZ) e Brix em duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a quatro dosagens de manganês.

Fonte de variação	GL	ART	AR	PBU	PRZ	BRIX
Bloco	2	0,284337 ^{NS}	0,000204 ^{NS}	31,538488 ^{NS}	0,086337 ^{**}	0,371667 ^{NS}
Cultivar	1	1,535204 [*]	0,000204 ^{NS}	7,605004 ^{NS}	0,190817 ^{**}	2,940000 [*]
Dose	3	0,039804 ^{NS}	0,000071 ^{NS}	105,636037 ^{NS}	0,15917 ^{NS}	0,347222 ^{NS}
CV x Dose	3	0,145549 ^{NS}	0,000082 ^{NS}	71,397437 ^{NS}	0,007850 ^{NS}	0,214444 ^{NS}
Resíduo (A)	3	0,145549	0,000082	71,397437	0,007850	0,214444
Resíduo (B)	11	0,52553	0,000280	227,388204	0,129410	1,186061
CV (A)%		2,34	1,38	5,50	0,11	2,14
CV (B) %		4,12	2,54	9,82	0,43	5,04

%CV= coeficiente de variação; * Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} Não significativo,

Fonte: Autores (2024).

As condições de valor pH, teor de água, porosidade e microorganismos presentes nos solos afetam a disponibilidade de Mn alterando seu estado de valência (SCHMIDT et al., 2016). O manejo inadequado pode reduzir a disponibilidade de Mn na solução do solo, como aporte excessivo de calcário e/ou a má incorporação, aumentando a alcalinidade em superfície. Soma-se ainda, a falta de reposição do micronutriente extraído e exportado pelas culturas agrícolas (OLIVEIRA et al., 2019) que exaurem o solo reduzindo as concentrações do micronutriente na solução.

Mishra et al. (2014) em experimento conduzido na Índia por três anos, constataram que as plantas de cana-de-açúcar que não receberam aplicações de Mn apresentaram menor produtividade de açúcar. Estes resultados podem ter ligação com a atuação do Mn na atividade enzimática associada com a síntese de sacarose na cana-de-açúcar, pois em trabalho de Jain et al. (2012) atividades de duas enzimas envolvidas na rota de síntese da sacarose reduziram quando não houve fornecimento do micronutriente.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de manganês influencia na área foliar, pol do caldo e teor de sacarose, no entanto não ocorreu interação entre cultivar e dose. A produtividade de colmos das cultivares RB92579 e SP801816 não foi influenciada pelas doses de manganês aplicadas.

Obteve efeito significativo quanto a cultivares para alguns atributos tecnológicos (POL CAN, POL CAL, ART, PRZ e BRIX).

As variáveis tecnológicas (açúcar redutor total, teor de sólidos solúveis, pol do caldo, fibra, peso de bagaço úmido, açúcar redutor, pureza e brix), quanto biométricas (altura de planta, diâmetro de colmo, número de gema, número de folha e comprimento de folha) não demonstraram significância em função das doses de Mn.

Recomenda-se estudos futuros para aperfeiçoamento do resultado encontrado.

6. REFERÊNCIAS

ALEJANDRO S, HÖLLER S, MEIER B, PEITER E (2020) Manganese in Plants: From Acquisition to Subcellular Allocation. **Frontiers in Plant Science** 11:300. doi: 10.3389/fpls.2020.00300.

AZEVEDO, A. C. B. et al. Enzymatic polyphenoloxidase inactivation with temperature and ozone in sugarcane variety RB 92579 to produce lower color sugar. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, p. 1–7, 2019.

BARBOSA, E.A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG**. Vitória da Conquista, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2005. p. 70. (Tese de Mestrado).

BECARI, G.R.G. Resposta da Cana-Planta à aplicação de micronutrientes. Dissertação mestrado. Instituto agrônomo. Campinas, SP. 2010.

BENETT, C. G.S.; BUZETTI, S; BENETT, K. S, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; COSTA, N.R.; MAEDA, A. S.; ANDREOTTI, M. Acúmulo de nutrientes no colmo de cana-de-açúcar em função de fontes e doses de manganês. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3. p. 1077-1088, maio/jun. 2013.

BENETT CGS, BUZETTI S, SILVA KS, TEIXEIRA FILHO, MCM (2011) Produtividade e desenvolvimento da cana-planta e soca em função de doses e fontes de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35. p.1661-1667.

BENETT, C. G. S. et al. Produtividade e teores nutrientes na cultura da cana-de-açúcar após aplicação de manganês em cortes sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 21, n. 1, p. 1-6, 2016.

Cremonesi, M. V., Ramalho, B., Golfetto, P., Krepki, L. S., & Pauletti, V. (2019). Marcha de absorção, taxa de acúmulo e exportação de micronutrientes e alumínio pelo tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira da produção de cana-de-açúcar.v.4 - Safra 2023/24 - N.4 - Quarto levantamento. Abril, 2024.

COOPERSUCAR. **Características Agronômicas das Variedades SP**. Disponível em: <http://socicana.com.br/2.0/wp-content/uploads/Variedades-SP.pdf>

DECHEN, A.R; HAAG, H.P; CARMELLO, Q. A. de C. Função dos micronutrientes nas plantas. Organizado por FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato e CNPq**, 1991, p.66- 78.

DZIWORNUN, A. K.; SHRESTHA, A.; MATTHUS, E.; ALI, B.; WU, L. B.; FREI, M. Responses of contrasting rice genotypes to excess manganese and their implications for lignin synthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 123, p. 252-259, 2018.

EL-HADI, A. H. A. Effect of Zn, Mn and Fe-Chelates and some Different Foliar Fertilizers on the Production of Wheat, Potato and Sugarcane under Egyptian Conditions. **Advances in Environmental Biology**, Madri, v.9, n.24, p.229-233, 2015.

GAVA, G.J.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. & OLIVEIRA, M.W. **Recuperação do nitrogênio (15N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**. R. Bras. Ci. Solo, 4:621-630, 2003.

JAIN R, CHANDRA A, SOLOMON S (2013) Impact of Exogenously Applied Enzymes Effectors on Sucrose Metabolizing Enzymes (SPS, SS and SAI) and Sucrose Content in Sugarcane. **Sugar Tech** 15: 370–378. doi:10.1007/s12355-013-0211-3.

JAMRO, G. H.; KAZI, B. R.; OAD, F. C.; JAMALI, N. M.; OAD, N. L. Effect of Foliar Application of Micro Nutrients on the Growth Traits of Sugarcane Variety Cp21 Nicchio et al. Acta Iguazu, Cascavel, v.9, n.2, p. 10-24, 2020 65/357 (Ratoon Crop). **Asian Journal of Plant Sciences**, v.1 p.462-463, 2002.

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

KRAAIJVANGER, R.; VELDKAMP, T. Grain Productivity, Fertilizer Response and Nutrient Balance of Farming Systems in Tigray, Ethiopia: A Multi-Perspective View in Relation to Soil Fertility Degradation. **Land Degradation and Development**, v. 26, n. 7, p. 701–710, 2015.

MALAVATH, R. N.; MAHESH, C.; BALAGURUVAIAH, D. Land use options and site suitability for sugarcane growing red soils, red laterite soils and black soils of Medak, district of Telangana. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 2, p. 409–416, 2018.

MAZHAR, S. Impact of zinc and boron application on growth, cane yield and recovery in sugarcane. **Life Sciences International Journal**, Chennai, v.10, n.1, p.30-37, 2016.

MELLIS, E.V.; QUAGGIO, J.A. Uso de micronutrientes em cana-de-açúcar. International Plant Nutrition Institute. Informações Agronômicas. Nº 149. Piracicaba, SP. Março, 2015.

MELLIS EV, QUAGGIO JA, BECARI GRG, TEIXEIRA LAJ, CANTARELLA H, DIAS FLF (2016) Effect of Micronutrients Soil Supplementation on Sugarcane in Different Production Environments: Cane Plant Cycle. **Agronomy Journal** 108:2060-2070.

MISHRA AK, SHUKLA SK, YADAV DV, AWASTHI SK (2014) Iron, Manganese and Sulphur Uptake and Nutrients Availability in Sugarcane Based System in Subtropical India. **Sugar Tech** 16: 300-310.

OLIVEIRA DCD, DE OLIVEIRA MW, DA SILVA VSG, OLIVEIRA TBA, DO NASCIMENTO HHC, CHAVES, SSF (2019) Nutritional status of three sugarcane varieties grown in the northeast region of Brazil. **African Journal of Agricultural Research** 14: 532–538.

OLIVEIRA FILHO, F. X. DE, MIRANDA, N. DE O., MEDEIROS, J. F. DE, SILVA, P. C. M. DA, MESQUITA, F. O., & COSTA, T. K. G. (2015). Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19(2), 186–193. v. 19 n. 2 p. 186-193.

RAIJ BV, CANTARELLA H, QUAGGIO JA, FURLANI ÂMC (1997) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 285 p. (Boletim 100, 2ª edição).

RIDESA. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**.

SCHMIDT SB, JENSEN PE, HUSTED S (2016) Manganese deficiency in plants: The impact on photosystem II. **Trends in Plant Science**. v.21. p.622-632.

Shikida, P. F. A. Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 4, p. 43–57, 2013.

Silva Filho, L. A.; Lima, M. M. F.; Santos, F. V. D.; Silva, Y. C. L. Alocação espacial de estabelecimentos e de emprego formal no cultivo de cana-de-açúcar: Brasil – 1994-2011. **Revista de Economia e Tecnologia**, v. 10, n. 4, p. 37–50, 2014.

SILVA, L. M. DA, & BERTI, M. P. DA S. (2022). **Manganês no solo e nas plantas: uma revisão**. Pag. 21-23, Arquivos Científicos Eletrônicos, 15(3).

SINGH A, GUPTA AK, SRIVASTAVA RN, LAL K, SINGH SB (2002) Response of zinc and manganese to sugarcane. **Sugar Tech** 4: 74–76.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.A. E MURPHY, A. **Fisiologia E Desenvolvimento Vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed. 888p. 2017.

Universidade Camilo Castelo Branco: micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico da Produção Animal**, 18. p. 6-15.

Uribe, R. A. M.; Gava, G. J. C. Kolln, O.T.; Saad, J. C. C. Estimativa do acúmulo de fitomassa da soqueira de cana-de-açúcar fertitigada com doses de N-fertilizante utilizando modelo de simulação. **Irriga**, n. 2001, p. 126–139, 2016.

VANLAUWE, B. et al. Integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: **Unravelling local adaptation**. Soil, v. 1, n. 1, p. 491–508, 2015.