

PRODUTIVIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM RESPOSTA AOS MANEJOS FITOSSANITÁRIOS E NUTRICIONAIS DE FUNDO DE SULCO

Lucilo José Moraes de Almeida^{1*}, Michele da Silva Santos¹, Michelly Fernandes dos Santos², Edivanilton Alves de Araruna Júnior², João Henrique Barbosa da Silva², Sidney Saymon Cândido Barreto³, Igor Ricardo Batista Vieira de Melo⁴, Júlio Costa Filho⁵, Almir Manoel da Silva⁶, João Paulo de Oliveira Santos¹, Fabio Mielezrski⁷

RESUMO:

Esse estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de micronutrientes e aminoácidos em aplicação de fundo de sulco da cana-de-açúcar no desenvolvimento, produção e viabilidade econômica. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 12 tratamentos, 6 repetições, totalizando 72 parcelas. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), e posteriormente, foi realizada análise de componentes principais. O tratamento T4 proporcionou maior produtividade com índice de lucro em torno de 100%. Além disso, a produtividade mínima foi registrada nos tratamentos T1, T3 e T5.

Palavras-chave: Arranjos de cultivo; Nutrição; *Saccharum* spp.

ABSTRACT:

This study aimed to evaluate the efficiency of micronutrients and amino acids in the application of sugarcane furrow bottom, under development, production and economic viability. The experimental design adopted was randomized blocks with 12 treatments, 6 replications, totaling 72 plots. The data were submitted to analysis of variance by the F test and the means were compared by the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$), and subsequently, principal component analysis was performed. The T4 treatment provided higher productivity with a profit rate around 100%. In addition, the minimum productivity was recorded in treatments T1, T3 and T5.

Keywords: Cultivation arrangements; Nutrition; *Saccharum* spp.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), é uma cultura cultivada globalmente há centenas de anos (ALI et al., 2019), sendo a atual responsável pela produção nacional do açúcar no Brasil, atuando diretamente na economia mundial (BRINKMAN, 2018; ROCHA, 2022). O Brasil apresenta características

edafoclimáticas que favorecem o cultivo em larga escala dessa cultura, se tornando, por conseguinte o maior produtor mundial dessa commodity, com produção na safra 2021/22 de 585,2 milhões de toneladas em uma área colhida superior a 8,3 milhões de hectares (CONAB, 2022).

¹ Doutorandos em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

² Mestrandos em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

³ Mestre em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

⁴ Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

⁵ Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

⁶ Docente em Agronomia pela UNIASSELVI.

⁷ Professor Adjunto pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

*E-mail para contato: lucilojose@hotmail.com

A produtividade da cana-de-açúcar apresenta relação direta com fatores do ambiente de produção, englobando, solo, clima e manejo (LEITE et al., 2022). Por sua vez, o uso da adubação é considerado um elemento fundamental para o manejo da cana-de-açúcar, de forma que o stand do canavial é dependente da boa tecnologia que é utilizada no plantio (GAZOLA et al., 2017). Dentre as tecnologias, o uso de micronutrientes e aminoácidos são exemplos significativos adotados nos canaviais, especialmente em fundo de sulco de plantio (LIRA, 2018).

Os micronutrientes são essenciais na adubação de plantio da cana-de-açúcar, em que sua baixa disponibilidade pode afetar de forma direta no desenvolvimento da cultura, limitando seu potencial produtivo (VASQUES & SANCHES, 2010). Pesquisas sobre a resposta da cana-de-açúcar sob uso de micronutrientes em fundo de sulco foram expostas por MELIS & QUAGGIO (2015), que ao avaliar o uso de B, Cu, Zn, Mn e Mo na cultura, obtiveram resultados promissores de produtividade, com um ganho médio de 17,6% na produção de colmos.

Além disso, o uso de aminoácidos como forma de suplementação é uma ferramenta que vem crescendo no Brasil e no mundo, acarretando em elevados benefícios para as culturas, e de forma particular para a cana-de-

açúcar, aplicado no sulco de plantio e acarreta em maiores incrementos de produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (SANTOS, 2019). Assim, o manejo nutricional adequado consegue atender as necessidades da cana-de-açúcar, contudo, ainda faltam estudos sobre o uso destes, principalmente utilizando micronutrientes e aminoácidos.

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de micronutrientes e aminoácidos em aplicação de fundo de sulco da cana-de-açúcar, sob o desenvolvimento, produção e viabilidade econômica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo

O estudo de campo foi realizado em agosto de 2020, na Usina União e Indústria, município de Primavera, estado do Pernambuco, Brasil (08°19'53" S e 35°21'12" W e altitude de 148 m). O solo argiloso da área experimental é classificado como Latossolos. O clima local segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw', quente e úmido (Alvares et al., 2013), com temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1.370 mm. Os dados de temperatura, umidade, precipitação e radiação solar registrados diariamente durante a condução experimental estão descritos na Figura 1.

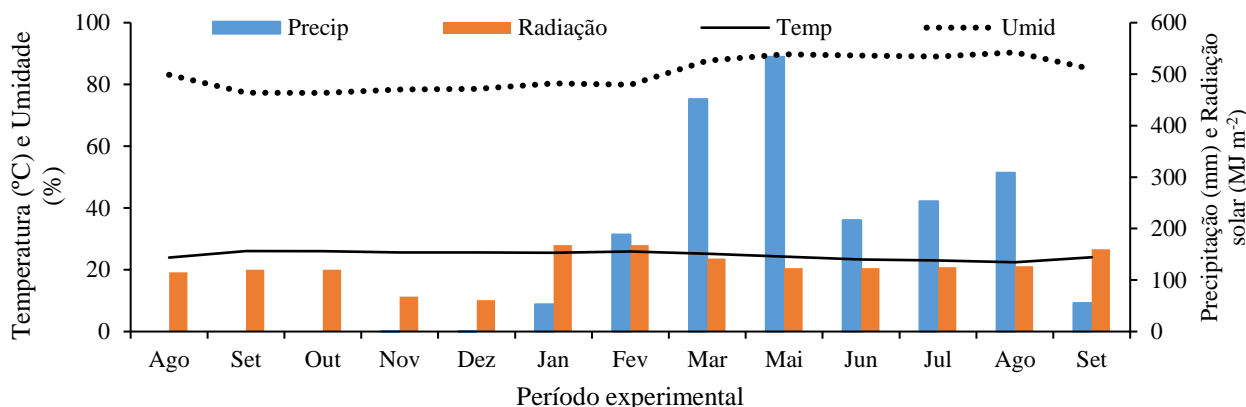


Figura 1. Dados de temperatura, umidade, radiação solar e precipitação durante o experimento em campo.

A caracterização das propriedades químicas do solo (Tabela 1) foi realizada antes do início do procedimento experimental,

utilizando amostras coletadas na camada de 0-0,20 m (A) e 0,20-0,40 m (B).

Tabela 1. Propriedades químicas do solo na área experimental, Primavera, Pernambuco, Brasil.

	pH (em água)	P	K	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	H+Al	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	SB	CTC
		ppm								meq/100ml					
A	6,2	13,0	50,0	24,0	0,00	0,00	0,0	0,00	4,2	0,00	5,90	3,0	2,9	6,03	10,23
B	5,1	5,0	42,0	25,0	0,00	0,00	0,0	0,00	4,70	0,00	4,6	2,4	2,2	4,71	9,41

Observação: Extração de P e K Mehlich¹. SB: soma de bases. CTC: capacidade de troca catiônica.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 12 tratamentos, 6 repetições, totalizando 72 parcelas. Cada parcela contendo 6 sulcos

espaçados de 1,2 m, medindo 8 m de comprimento e totalizando 57,6 m², por parcela. Os tratamentos e as garantias dos nutrientes estão descritos na tabela 2.

Tabela 2. Garantias nutricionais dos respectivos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Garantias Nutricionais
T1	200 g Fipronil / ha
T2	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol g / ha
T3	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 139 N; 152,6 B; 86,6 Zn; 110 Cu; 330 Mn; 5,4 K; 23,4 COT g / ha
T4	

	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 125 N; 223,1 K; 193,2 Mo; 60 B; 156 Zn; 100 Cu; 276 S; 262 Mn; 140,3 COT g / ha
T5	Testemunha Absoluta
T6	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 9 N; 30 K; 264,48 B; 140 Mo; 14 Co; 6 S; 2,4 Fe; 12 Zn; 6 Mn; 21 COT g / ha
T7	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 72 N; 124,5 K; 0,48 B; 140 Mo; 14 Co; 6 S; 2,4 Fe; 12 Zn; 6 Mn; 147 COT g / ha
T8	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 1,4 kg N; 132,25 K; 66 Zn; 6,6 Mo; 1,32 kg COT g / ha
T9	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 113,5 N; 101,6 P; 76,2 K; 21,9 Zn; 1,19 Mo; 0,055 Co; 19,35 Mn; 7,62 Mg; 2,54 Fe; 3,81 Ca; 6,35 B; 16,51 S; 237 kg COT g / ha
T10	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 173 P; 21 K; 1,69 Zn; 0,42 Mo; 6,75 Co; 2,08 Mn; 4,22 Mg; 1,69 Fe; 0,26 B; 25,3 S g / ha
T11	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 258,72 Zn; 16,8 Mo; 25,36 B; 24,74 COT g / ha
T12	200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 292,1 Si g / ha

Na tabela 3, pode-se observar as moléculas e matéria prima dos tratamentos.

Tabela 3. Moléculas e Matéria Prima dos respectivos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Moléculas e Matéria Prima
T1	Fipronil
T2	Fipronil, azoxistrobina, ciproconazol
T3	Ureia, ácido bórico, nitrato de potássio, óxido de cobre, carbonato de manganês, óxido de zinco, algas, 2% estabilizante, 2,9% emulsionante
T4	Ureia, ácido bórico, cloreto de potássio, molibdato de potássio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, carbono orgânico, aminoácidos e agentes acidificantes 0,5%
T5	Testemunha Absoluta
T6	Ureia, óxido de potássio, ácido bórico, sulfato ferroso, nitrato de zinco, sulfato de manganês, carbono orgânico total, aminoácidos e monoetanolamina 20,5 %
T7	Ureia, óxido de potássio, ácido bórico, sulfato ferroso, nitrato de zinco, sulfato de manganês, carbono orgânico total
T8	Resíduos orgânicos agroindustriais de origem vegetal, compostos orgânicos contendo aminoácidos, ureia, cloreto de potássio, ácido fosforoso, molibdato de sódio, cloreto de zinco
T9	Molibdato de sódio, sulfato de zinco, sulfato de cobalto, óxidos, carbonatos e carbono orgânico
T10	Molibdato de sódio, sulfatos e cloretos
T11	Óxidos e carbonatos
T12	Silicato de sódio e aminoácidos

2.3 Implementação e condução do experimento

Para o preparo do solo, adotou-se o cultivo convencional com arado, grade niveladora, seguido de sulcagem da área.

Todas as parcelas receberam adubação basal de plantio na linha, aplicando-se doses equivalentes ao formulado 10-20-20.

Todas as parcelas receberam adubação basal de plantio na linha, aplicando-se doses

equivalentes a 65 kg N ha⁻¹, 130 kg P ha⁻¹ e 130 K ha⁻¹ via sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, com base na recomendação da cultura (RIBEIRO et al., 1999). A variedade de cana utilizada foi a SP78-4764, que apresenta boa germinação, perfilhamento e brotação de socas, semi-ereta, comprimento e teor de sacarose médio a alto, médio teor de fibra e dificilmente tende a florescer (SIMÕES NETO, 2009).

2.4 Variáveis analisadas

Número de plantas: Foi contabilizado o número de colmos existente nos dois sulcos centrais da parcela, utilizando 8 metros em cada linha, e realizado uma média para obter assim a quantidade média de colmos por metro linear.

Altura de plantas: Foi obtida a altura média das plantas medindo dez plantas por unidade amostral, nas quais mensurou-se o comprimento da planta da base até a inserção da folha +1. A medição foi feita com o auxílio de uma trena e os dados obtidos em metros.

Número de entrenós: Para obtenção do número de entrenós foi realizado uma contagem visual e individual de cada entrenó, desde a base até o ápice do colmo, obtendo assim, o número exato de entrenós. Esse processo foi realizado nas dez plantas analisadas de cada parcela experimental.

Diâmetro do colmo: Mensurou-se, com o uso de paquímetro digital, o diâmetro médio do colmo, com base na amostragem de três pontos de cada colmo (base, meio e início do palmito). Os dados foram obtidos em milímetros e posteriormente convertidos para centímetros.

Tonelada de colmo por hectare (TCH): A TCH foi obtida a partir dos dados de colmos industrializáveis, realizando o corte de toda a parcela de cada tratamento. O TCH foi determinado no momento da colheita com auxílio de uma balança industrial e carregadeira para realizar a pesagem dos colmos presentes nas parcelas, com valores adquiridos em quilogramas (kg).

Renda Bruta (RB): Foi obtida pela multiplicação dos valores de TCH pelo valor atual de tonelada de cana por hectare com valor fixo de (R\$ 167,60).

Renda Líquida (RL): Calculada pela subtração da RB pelos custos de produção de cada tratamento.

Índice de lucratividade (IL): Calculado pela seguinte equação (01):

$$(01): IL = RL/RB \times 100$$

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F considerando 5% de significância, as médias foram

comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$), utilizando o software R 3.6.3 através do pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2018). Posteriormente, foi realizada análise de componentes principais (ACP) com finalidade de avaliar a inter-relação entre os aspectos de crescimento, produção e custos econômicos com os tratamentos estudados com pacote FactoMineR (Factor Analysis e Data Mining com R) (LÊ et al., 2008).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura (ALT), diâmetro (DIAM), número de entrenós (Nº de entrenós), número de perfilhos (Nº de perfilhos) e tonelada de colmo por hectare (TCH) de cana-de-açúcar em função da adubação de fundação no plantio.

FV	GL	ALT	DIAM	Nº de entrenós	Nº de perfilhos	TCH
Bloco	5	0,021 ^{ns}	0,026	1,921 ^{ns}	12,445 ^{ns}	83,400 ^{ns}
Tratamentos	11	0,019 ^{ns}	0,023	1,881 ^{ns}	0,974 ^{ns}	209,667 ^{**}
Resíduo	55	0,023	0,028	1,755	1,802	80,106
CV		5,75	7,42	7,77	16,45	7,19
Média		2,65	2,26	17,05	8,16	124,52

ns; ** não significativo e significativo a 1% pelo teste F.

Para a altura de plantas (Figura 2A), apenas um grupo foi formado pelo teste de Scott-Knott, indicando que esses tratamentos não diferem entre si. Contudo, avaliando-se com base nas médias absolutas, observa-se um melhor desempenho dos tratamentos (T2), (T5), (T10) e (T12). Enquanto que os demais tratamentos obtiveram valores inferiores a 2,7 m de altura de planta.

Resultados que podem estar relacionados a adição de macro e micronutrientes presentes nos tratamentos que participam de atividades enzimáticas da planta,

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, os resultados não demonstraram influência significativa a ($p \leq 0,05$) dos tratamentos sob as variáveis altura de planta, número de entrenós, diâmetro do colmo e número de perfilhos. Em contrapartida, observou-se efeito significativo para a variável TCH (Tabela 4).

podendo auxiliar em diversos processos fisiológicos, especialmente, melhorando na taxa de fotossíntese da cultura e possibilitando o aumento de colmos, aumentando, dessa forma, no crescimento da cana-de-açúcar (VAZQUEZ e SANCHES, 2010). Ressalta-se que, a altura de planta é um atributo agrônomo importante para que a cultura obtenha rendimentos promissores, visto estar associada à produção de biomassa (HAN et al., 2019), assim, resultados como os obtidos com o uso dos tratamentos (T2), (T5), (T10) e (T12) se mostram interessantes.

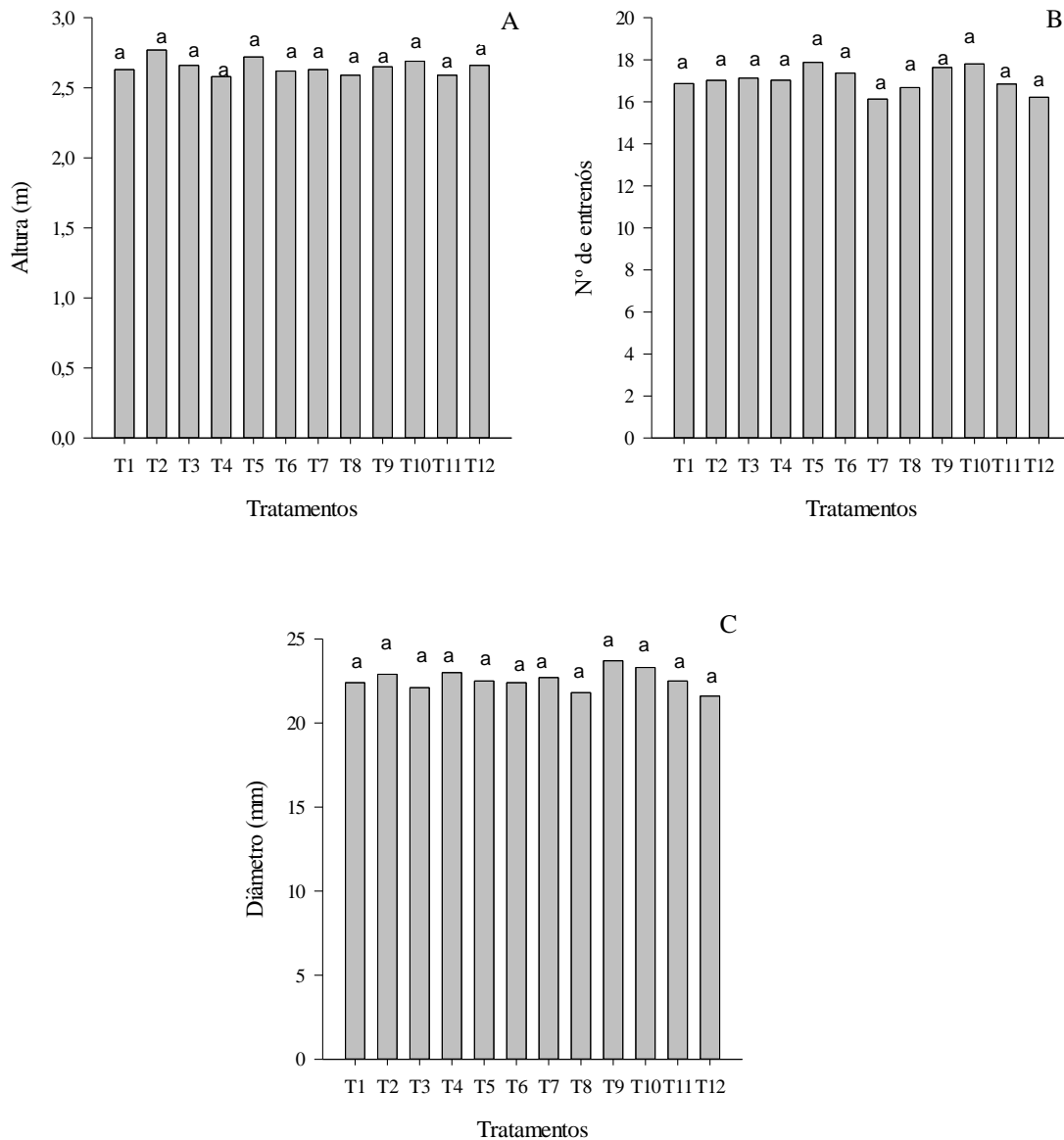


Figura 2. Resultados médios da altura de planta (A), número de entrenós (B) e diâmetro do colmo (C) da cana-de-açúcar. Barras com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Resultados similares aos observados para a altura de plantas também foram verificados para o número de entrenós, em que apenas um agrupamento foi formado (Figura 2B). Todavia, em médias absolutas, alguns tratamentos se sobressaíram, dentre eles, o (T5),

(T9) e (T10), no qual se atingiu valores médios iguais ou superiores a 18 entrenós. Por sua vez, os demais tratamentos obtiveram valores iguais ou inferiores a 17 entrenós. Esses resultados positivos nos tratamentos mencionados podem estar ligados aos diferentes tipos de nutrientes adicionados ao solo que

ocasionou um maior estímulo nas gemas da cana-de-açúcar, além de ter melhorado a qualidade física, química e biológica do solo que por consequência ocasionou maior eficiência na cultura, elevando o seu número de entrenós (MIRANDA-STALDER; BURNQUIST, 2019).

Tal fato positivo nos tratamentos mencionados, segundo Oliveira et al. (2020), é devido que o uso desses tipos de produtos no plantio inibe o ataque de fungos que acometem as gemas no solo, o que acaba por prejudicar a formação do número de entrenós da cultura e afeta todo o seu stand, contribuindo de forma negativa para a produtividade da cultura. Assim, tratamentos como o (T5), (T9) e (T10) se tornam promissores. Esses resultados corroboram com os dados reportados por Brzezinski et al. (2012), em que constataram ganhos produtivos quando utilizados tratamentos via solo semelhantes ao desse estudo. Além disso, o número de entrenós depende de forma especial do desenvolvimento dos perfilhos, em que o surgimento de novos entrenós pode estar ligado a disponibilidade hídrica, fatores edafoclimáticos e de nutrientes no solo (ARANTES, 2012).

Para o diâmetro do colmo, também houve a formação de um único grupo (Figura 2C), com maior diâmetro sendo obtido nos tratamentos (T9) e (T10), com 24,0 e 23,5 mm, respectivamente. Por sua vez, os demais tratamentos obtiveram valores de diâmetro iguais ou inferiores a 23,0 mm, como por

exemplo, na testemunha absoluta (T5). Esses resultados positivos observados pelos tratamentos (T9) e (T10), pode ter sido proporcionado devido a composição hormonal dos produtos utilizados, tendo em vista que os nutrientes presentes nos tratamentos têm a capacidade de estimular a divisão meristemática do vegetal, estimulando um maior alcance de diâmetro de colmo (MEDEIROS, 2019).

Em estudo realizado por Oliveira (2008), investigando a dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema de produção, com a mesma variedade utilizada nesse estudo, constatou resultados positivos de diâmetro do colmo, com valores médios semelhantes de 25,0 mm. Assim, tratamentos como o (T9) e (T10) se mostram interessantes no tocante a rápida disponibilidade dos nutrientes na cultura que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta, e consequentemente, no seu maior diâmetro (NOLLA et al., 2015).

Para o número de perfilhos, também foi observado a formação de um único agrupamento (Figura 3A). No entanto, em médias absolutas, alguns tratamentos se sobressaíram, dentre eles, o (T7), (T9) e (T11), no qual se atingiu valores médios iguais ou superiores a 9 perfilhos. Apesar disso, os demais tratamentos apresentaram valores de número de perfilhos dentro da faixa média reportada pela literatura (7,7-11,0) perfilhos m⁻² (DIAS et al., 2020). Por

sua vez, a testemunha absoluta (T5), ficou entre os tratamentos com menores números de

perfilhos, com valor inferior a 8 perfilhos por metro.

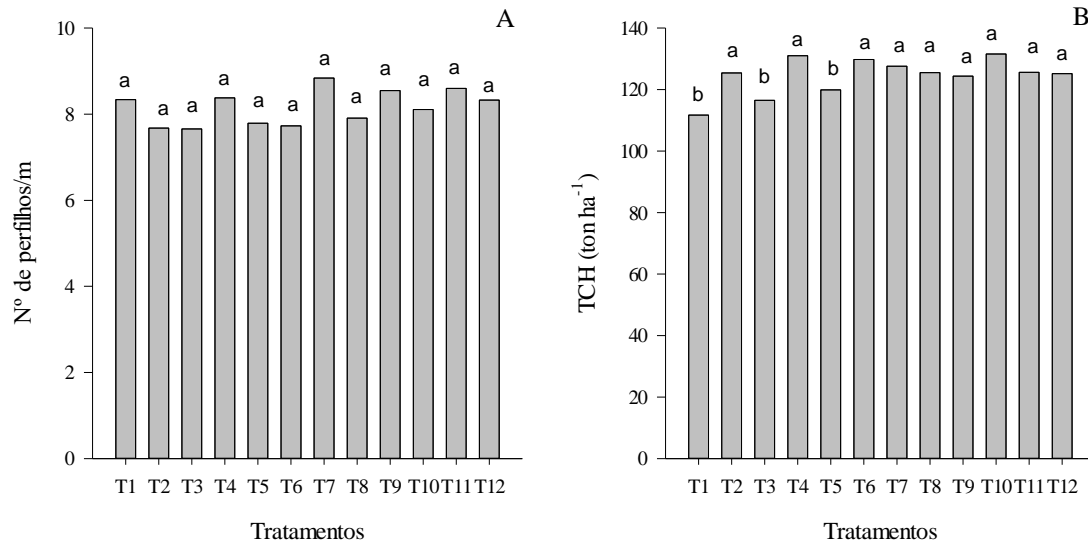


Figura 3. Resultados médios do número de perfilhos (A) e TCH (B) da cana-de-açúcar. Barras com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos demonstram que tratamentos como (T7), (T9) e (T11) atuaram como potencializador de perfilhamento, de modo que ativou o metabolismo celular da planta e influenciou seus processos fisiológicos, robustecendo seu sistema radicular e imunológico (SILVA et al., 2007). Tais dados corroboram com os obtidos por Koprna et al. (2016), em que os tratamentos à base de macro e micronutrientes atuadores de enraizamento elevaram o perfilhamento na cultura da cana-de-açúcar, observando incremento significativo nessa variável. Assim, os tratamentos mencionados tendem a contribuir no maior

número de perfilhos, elevando o rendimento final e oferecendo maiores ganhos econômicos para o produtor (ZENG et al., 2020).

Obteve-se valores variáveis de produtividade (TCH) em função do uso dos diferentes tratamentos, com dois agrupamentos formados, representados pelas letras (“a” e “b”) (Figura 3B). Os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos (T4) e (T10), que propiciaram produtividades superiores a 130 ton ha⁻¹, resultados promissores, especialmente ao se considerar que a produtividade média da cana-de-açúcar no ano de estudo (2020), no Brasil, foi de 75,60 ton ha⁻¹ e no estado do Pernambuco de 57, 50 ton ha⁻¹ (SIDRA, 2021).

Por sua vez, os tratamentos (T1), (T3) e testemunha absoluta (T5) obtiveram os menores valores médios de produtividade quando comparado aos demais tratamentos, ficando abaixo de 120 ton ha⁻¹.

Provavelmente, os tratamentos positivos apresentaram alterações na distribuição das raízes, alterando o acesso aos recursos do solo, o que pôde, posteriormente, impactar de forma benéfica na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (ROSSI NETO et al., 2018). Além disso, os melhores tratamentos em TCH (T4 e T10) podem estar relacionados diretamente com as altas concentrações dos produtos utilizados em fundo de sulco, sendo o T4 superior no (Mo, Zn e S) e T10 no (P), sendo considerados importantes elementos para o desenvolvimento da cana-de-açúcar (Tabela 2).

No tocante a matéria-prima utilizada no tratamento T4 (Tabela 3) referente a concentração desses elementos que se destacaram, nota-se à utilização do molibdato de potássio, que é considerado uma fonte mais nobre de molibdênio que existe no mercado, com capacidade de resposta superior as demais fontes desse nutriente, além de sua participação na redutase do nitrato em plantas e microrganismos, e na nitrogenase em bactérias diazotróficas, sendo essenciais nas relações do N com os vegetais e os microrganismos

(MENDEL E HANSCH, 200), o que ocasionou em resposta positiva para o TCH. Além disso, nutrientes como o Zn e S que se destacaram com maiores concentrações no T4, atuam diretamente no processo de acúmulo de biomassa da cana-de-açúcar, podendo contribuir no aumento de rendimentos dessa cultura (MATIAS, 2021; VELOSO, 2022).

Por sua vez, na utilização de matéria-prima a base de Molibdato de sódio, sulfatos e cloretos no (T10), nota-se à alta concentração de fósforo utilizada nesse tratamento, sendo destaque entre os demais e fazendo com que alcançasse boas produtividades de TCH, visto o solo ser altamente carente desse elemento, e quando presente na cultura, assume elevada importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento e, portanto, na produtividade final (MALAVOLTA et al., 1967).

Em relação aos parâmetros econômicos, de acordo com à análise de variância, observou efeito significativo a ($p \leq 0,01$) e ($p \leq 0,05$) para a Renda Bruta (RB) e Renda Líquida (RL), respectivamente. Em contrapartida, não foi observado efeito significativo para o Índice de Lucratividade (IL) (Tabela 5), demonstrando que há diferenças na rentabilidade econômica em função da adubação de fundação no plantio da cana-de-açúcar.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para renda bruta (RB), líquida (RL) e índice de lucratividade (IL) da cana-de-açúcar em função da adubação de fundação no plantio.

FV	GL	RB	RL	IL
Bloco	5	11713531,82 ^{ns}	11713531,82 ^{ns}	0,034 ^{ns}
Tratamento	11	64784550,50 ^{**}	56580537,00 [*]	32,767 ^{ns}
Erro	55	123759160,64	123759160,64	0,7202
CV (%)		7,19	7,30	0,12

FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação. ns, **, *: não significativo e significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F.

A renda bruta apresentou resultados positivos em todos os tratamentos, exceto para o T1, T3 e T5, em que obtiveram os menores valores médios, com uma média inferior a 20000 R\$ ha⁻¹ (Figura 4A), corroborando com o que foi observado no TCH, visto que, o cálculo da renda bruta é baseado na multiplicação do TCH pelo valor atual da tonelada de cana bruta. Avaliando-se com base nas médias absolutas, observa-se um melhor desempenho dos tratamentos T4 e T10, com uma renda bruta superior a 22000 R\$ ha⁻¹.

Resultados similares aos observados para a renda bruta também foram verificados para a renda líquida, em que os tratamentos T1, T3 e T5 obtiveram menor valor de renda, sendo inferiores estatisticamente aos demais tratamentos de adubação de fundação (Figura 4B). Observando-se com base nas médias absolutas, um melhor desempenho foi verificado nos tratamentos T4 e T10, com uma renda líquida superior a 22000 R\$ ha⁻¹.

Em consequência, o índice de lucratividade demonstrou que os tratamentos T2

e T4 foram os que proporcionaram maior lucratividade em torno de 100% de lucro, ficando os demais tratamentos com uma média em torno de 97% de lucro, exceto o T5 que obteve menor proporção de lucro comparado aos demais tratamentos, em torno de 95% de lucro (Figura 4C).

O índice de lucratividade consiste na relação dos custos de produção, renda bruta e a líquida, podendo auxiliar o produtor na tomada de decisão quanto à necessidade de investimento. Ademais, proporciona observar à ocorrência de retorno econômico, levando em consideração que a utilidade e sucesso de qualquer técnica dependem da viabilidade econômica e dos custos envolvidos no processo (SHAH et al., 2013). Dessa forma, apesar do T10 ter promovido valores positivos de TCH, o alto custo de produção não viabiliza economicamente para um bom retorno econômico, em contrapartida, o tratamento T4 pode ser uma alternativa mais promissora de cultivo, por fornecer tanto alta produtividade, como lucro de quase 100%.

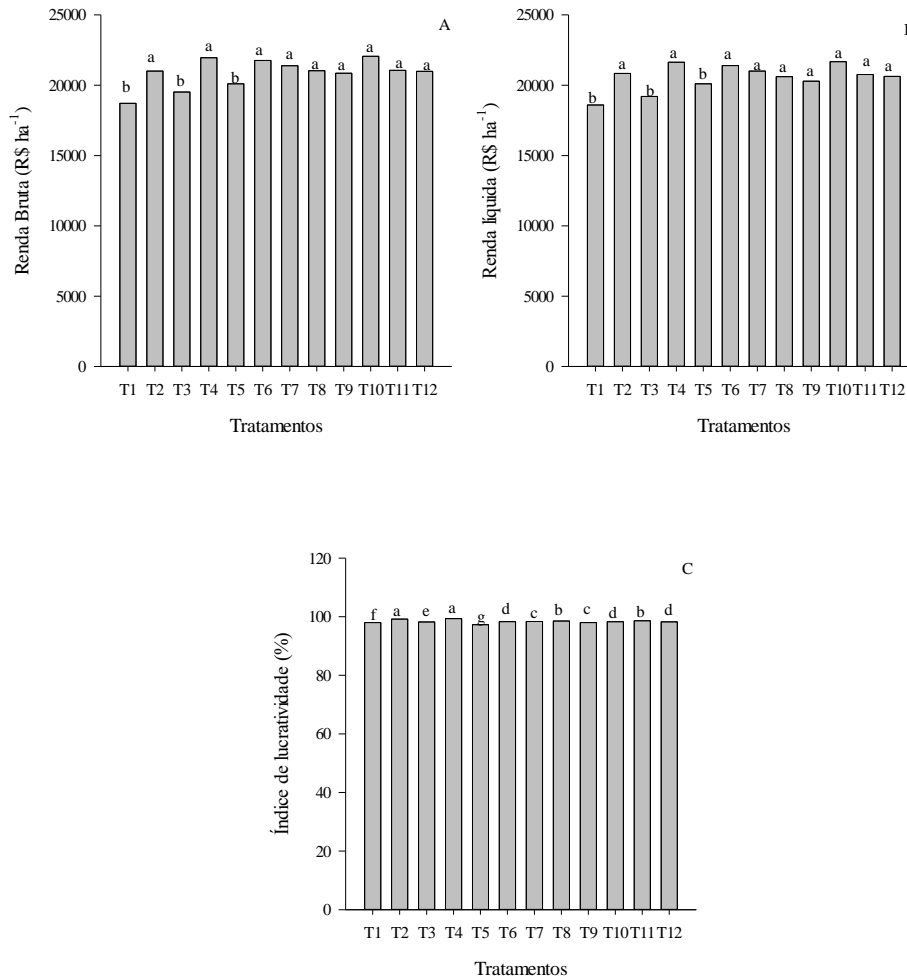


Figura 4. Resultados médios da Renda Bruta (A), Renda Líquida (B) e Índice de Lucratividade (C) da cana-de-açúcar em função da adubação de fundação no plantio. Barras com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A análise de componentes principais (ACP) explicou 69,1% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) (Figura 5). No eixo 1, que aglutinou 43,9% da explicação dos dados, observou-se associação significativa entre TCH ($r = 0,97$; $p < 0,01$), RB ($r = 0,97$; $p < 0,01$), RL ($r = 0,96$; $p < 0,05$), e IL ($r = 0,63$; $p < 0,05$), destacando para esse eixo o

tratamento T4, que apresentou os melhores valores dessas variáveis, logo, foi

o tratamento que promoveu maior rendimento econômico e produtividade, sendo o mais indicado no cultivo de cana-de-açúcar. Com isso, à obtenção de boas produtividades impacta de maneira positiva no retorno financeiro dessa cultura, apontando que essa variável tem alta importância (DIAS et al., 2021).

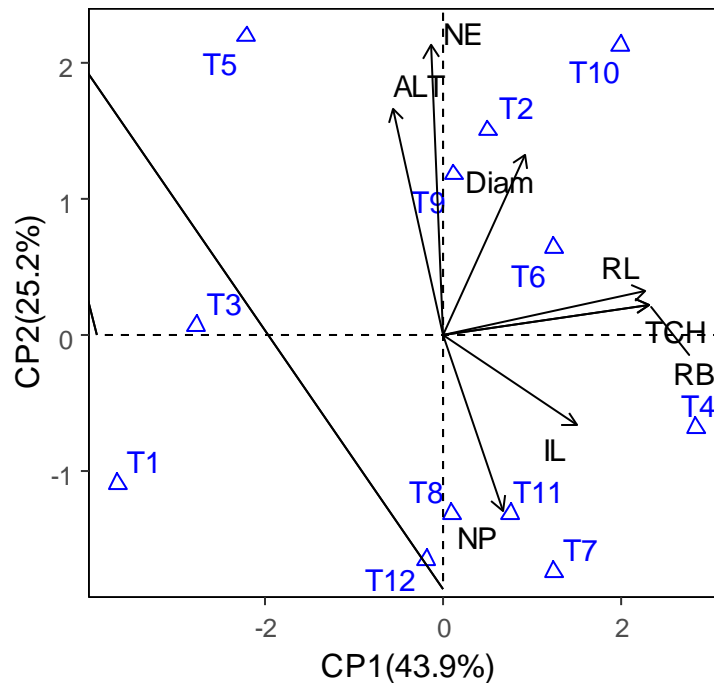


Figura 5. Análise de Componentes Principais.

No eixo 2, que reuniu 25.2% da explicação da variância original, obteve-se associação significativa entre NE ($r = 0,89$; $p < 0,05$) e ALT ($r = 0,70$; $p < 0,05$) (Figura 4). No eixo, destacam-se T2 e T9 com os melhores resultados, contrapondo-se com o T12, que apresentou desempenho inferior para essas variáveis. Assim, é essencial a utilização de tecnologias que viabilizem um melhor desempenho agrônomo da cana-de-açúcar, de forma a aumentar o rendimento dos canaviais (CARVALHO et al., 2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento T4 (200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 125 N; 223,1

K; 193,2 Mo; 60 B; 156 Zn; 100 Cu; 276 S; 262 Mn; 140,3 COT g / ha) proporcionou no cultivo da cana-de-açúcar maior produtividade com índice de lucro em torno de 100%.

A produtividade mínima de cana-de-açúcar é registrada nos tratamentos T1 (200 g Fipronil / ha), T3 (200 Fipronil; 200 Azoxistrobina; 80 Ciproconazol; 139 N; 152,6 B; 86,6 Zn; 110 Cu; 330 Mn; 5,4 K; 23,4 COT g / ha) e T5 (Testemunha Absoluta).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, S. E. et al. More than sweet: A phytochemical and pharmacological review of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Food Bioscience**, v. 44, p.101431, 2021.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ARANTES, Marcel Tomás. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob manejos irrigado e sequeiro**. 67f. 2012. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

BRINKMAN, M. L. et al. Interregional assessment of socio-economic effects of sugarcane ethanol production in Brazil. **Renewable and sustainable energy reviews**, 88, 347-362, 2018.

BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; HENNING, F.A.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja e sua influência na produtividade e na qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, v. 22, n. 3, p. 84-87, 2012.

CARVALHO, A. L. et al. Sugarcane productivity simulation under different planting times by DSSAT/CANEGRO model in Alagoas, Brazil. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 30, n. 3, p. 190-198, 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **4º Levantamento - Safra 2021/22**. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em 10 nov. 2022.

DIAS, H. B. et al. Traits for canopy development and light interception by twenty-seven Brazilian sugarcane varieties. **Field Crops Research**, v.249, e107716, 2020.

DIAS, M. S. et al. Dinâmica produtiva da cultura da cana-de-açúcar em um município da zona da Mata Alagoana. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 5, p. 22-28, 2021.

FERREIRA, E. B. et al. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. R

package version 1.2.0, 2018. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 11 nov 2022.

GAZOLA, T. et al. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos à adubação química e orgânica. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 300-306, 2017.

HAN, L. et al. Modeling maize aboveground biomass based on machine learning approaches using UAV remote-sensing data. **Plant methods**, v. 15, n. 1, p. 1-19, 2019.

KOPRNA, R. et al. Use of cytokinins as agrochemicals. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 24, p. 484-492, 2016.

LÊ, S. et al. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008.

LEITE, M. R. L. et al. Resistência do solo à penetração em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar sob diferentes ciclos de cultivo. In: ZUFFO, A. L.; AGUILERA, J. G. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, Pantanal Editora, p. 171-178, 2022.

LIRA, Maikon Vinicius da Silva. **Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar**. 87 f. 2018. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Dracena, Brasil.

MALAVOLTA, E. et al. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Livraria Pioneira; EDUSP, 1967. 251 p.

MATIAS, K. S. **Desempenho agrônomico e atributos tecnológicos de cultivares de cana-de-açúcar cultivadas sob doses de zinco**. 38f. 2021. (Dissertação de Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

MEDEIROS, Matheus Henrique.

Desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar fertilizada com organomineral à base de lodo de esgoto com e sem bioestimulante. 16f. 2019. (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Uberlândia.

MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A. Uso de Micronutrientes em Cana-de-Açúcar. IPNI - International Plant Nutrition Institute – **Informações agronômicas**, 2015, 149p.

MENDELL, R. R.; HANSCH, R. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 375, p.1689-1698,2002.

MIRANDA-STALDER, S. H.; BURNQUIST, H. L. A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 34, n. 3, p. 103-119, 2019.

NOLLA, A. et al. Atributos e estratégias de utilização da torta de filtro como fertilizante para a cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, p. 121-135, 2015.

OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida. **Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção.** 84f. 2008. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

OLIVEIRA, M. H. R. et al. Influência da aplicação de inseticidas no índice de infestação de coração morto em cana de açúcar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4661-4672, 2020.

ROCHA, B. M. et al. Automatic detection and evaluation of sugarcane planting rows in aerial images. **Information Processing in Agriculture, Agriculture**, 1-16, 2022.

ROSSI NETO, J. et al. The Arrangement and Spacing of Sugarcane Planting Influence Root

Distribution and Crop Yield. **BioEnergy Research**, v. 11, p. 291–304, 2018.

SANTOS, Thiago Ferreira. **Silicato de sódio com aminoácidos no tratamento de toletes no sulco de plantio da cana-de-açúcar.** 35f. 2019. (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG), Brasil.

SHAH, M. A. et al. Sulphur fertilization improves the sesame productivity and economic returns under rainfed conditions. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.15, p.1301- 1306, 2013.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal.** 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 10 dez 2022.

SILVA, M. D. A. et al. Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana-soca. **Bragantia**, v. 66, p. 545-552, 2007.

SIMÕES NETO, D. E. Variedades de cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco contribuição do melhoramento clássico da Ridesa -UFRPE. **Anais...** v. 5, p. 125-146, 2009.

VAZQUEZ, G. H.; SANCHEZ, A. C. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 7, n. 1, p. 267-276, 2010.

VELOSO, C. **Qual a importância do enxofre na cana e como melhorar o manejo desse nutriente?** 2022. Disponível em: <https://blog.verde.ag/culturas/cana/qual-a-importancia-do-enxofre-na-cana-e-como-melhorar-o-manejo-desse-nutriente>. Acesso em: 28 de dez 2022.