



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

VITÓRIA AZEVEDO DE ANDRADE

**DESEMPENHO PRODUTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB USO DE
BIOESTIMULANTE NO BREJO PARAIBANO**

AREIA

2024

VITÓRIA AZEVEDO DE ANDRADE

**DESEMPENHO PRODUTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB USO DE
BIOESTIMULANTE NO BREJO PARAIBANO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia do Centro
de Ciências Agrárias da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Mielezrski

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A553d Andrade, Vitória Azevedo de.
Desempenho produtivo de cana-de-açúcar sob uso de
bioestimulante no Brejo Paraibano / Vitória Azevedo de
Andrade. - Areia:UFPB/CCA, 2024.
37 f. : il.

Orientação: Fabio Mielezrski.
TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Saccharum spp. 3. Nutrição. 4.
Crescimento. I. Mielezrski, Fabio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

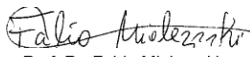
DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aprovada em 15/06/2023

“DESEMPENHO PRODUTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB USO DE BIOESTIMULANTE NO BREJO PARAIBANO”

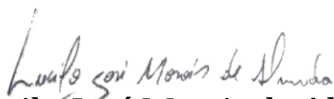
Autor: VITÓRIA AZEVEDO DE ANDRADE

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Fabio Mielezrski
SIAPE 1092436

Prof.^a Dr.^a Fabio Mielezrski
Orientador (a) – UFPB


Dr. ANTÔNIO VEIMAR DA SILVA
Examinador


Me. Lucilo José Moraes de Almeida
Examinador (a) – UFPB

Aos meus pais, Fernanda (*in
memoriam*) e Valdemir, por terem me
amado e apoiado por toda a minha
vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio, pela paciência e orientação prestada, norteando e propiciando alicerces para o êxito desta Monografia, com competência e serenidade.

Gratidão pela participação, Dr. Veimar e Me. Lucilo, profissionais exemplares e sempre atendendo a todos com muita paciência e educação.

À minha mãe, Fernanda, por sempre ter me apoiado e acreditado em mim. Ao meu Pai, Valdemir, por me dar todo suporte para concluir o curso, e por cuidar tão bem de mim.

Aos meus irmãos minhas, Viviane e Pedro, por sempre estarem ao meu lado.

Aos meus colegas de curso, Isabel, Laura, Larissa, Mayra, José, Gledson e toda turma de agronomia 2017.1, por terem me ajudado durante toda minha jornada acadêmica.

A todos os colaboradores da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia PB, aos professores pelo conhecimento passado, assim como o esforço do restante dos servidores em manter o campus limpo, seguro e harmonioso.

Aos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste sonho,

OBRIGADO A TODOS!

ANDRADE, Vitória Azevedo de. **Desempenho produtivo de cana-de-açúcar sob uso de bioestimulante no Brejo paraibano**. Areia – PB, 2023. 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma espécie de Poaceae considerada de alta importância a nível mundial, sendo o Brasil o maior produtor. Contudo, alguns entraves edafoclimáticos dificultam a padronização do manejo agrônomo, o que acaba limitando o seu rendimento produtivo. Para contornar tais problemas, o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias é crucial, como é o caso dos bioestimulantes. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar o efeito do uso do extrato pirolenhoso sob o desempenho produtivo de cana-de-açúcar cultivada no Brejo paraibano. O trabalho em campo foi conduzido entre 2021 e 2022, na Fazenda Experimental Chã de Jardim (UFPB/CCA), Areia, Paraíba, Brasil, utilizando-se as cultivares de cana-de-açúcar (RB041443 e RB867515). O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos, quatro repetições, totalizando 40 parcelas. Utilizou-se 4 doses do produto bioestimulante (5, 10, 15 e 20 L ha⁻¹) + testemunha (0 L ha⁻¹). Para observar o efeito dos tratamentos, avaliou-se variáveis de crescimento e produtividade. Os resultados apontam que as doses utilizadas geraram efeitos diferentes nas cultivares estudadas. Observou-se que dose de 15 L ha⁻¹ aliado a cultivar 1 (RB041443) apresentou maiores ganhos em TCH. Ainda, a cultivar 1 se destacou na maioria das variáveis analisadas, exceto para a variável diâmetro do colmo.

Palavras-chave: *Saccharum* spp.; nutrição; crescimento.

ANDRADE, Vitória Azevedo de. **Productive performance of sugarcane under the use of biostimulant in Brejo Paraíba**. Areia – PB, 2022. 39 p. Course Completion Work (Graduation in Agronomic) - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

Sugarcane is a species of Poaceae considered of high importance worldwide, with Brazil being the largest producer. However, some edaphoclimatic obstacles hinder the standardization of agronomic management, which ends up limiting its productive performance. To overcome such problems, the development and diffusion of new technologies is crucial, as is the case of biostimulants. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of the use of pyroligneous extract on the productive performance of sugarcane cultivated in Brejo Paraíba. Field work was carried out between 2021 and 2022, at the Chã de Jardim Experimental Farm (UFPB/CCA), Areia, Paraíba, Brazil, using sugarcane cultivars (RB041443 and RB867515). The experiment was set up in a randomized block design with 10 treatments, four replications, totaling 40 plots. Four doses of the biostimulant product (5, 10, 15 and 20 L ha⁻¹) + control (0 L ha⁻¹) were used. To observe the effect of the treatments, growth and productivity variables were evaluated. The results indicate that the doses used generated different effects in the studied cultivars. It was observed that a dose of 15 L ha⁻¹ combined with cultivar 1 (RB041443) showed greater gains in TCH. Also, cultivar 1 stood out in most of the analyzed variables, except for the stem diameter variable.

Key words: *Saccharum* spp.; nutrition; growth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hipótese mais aceita sobre a expansão geográfica da cana-de-açúcar	13
Figura 2. Variação percentual da área cultivada com a cultura da cana-de-açúcar nos Estados do Brasil	14
Figura 3. Tolete de cana-de-açúcar (A), Nó do tolete (B) e suas partes	15
Figura 4. Estágios fenológicos da cana-de-açúcar	16
Figura 5. Classificação da cana-de-açúcar quanto a sua morfologia	17
Figura 6. Mapa de localização do município de Areia, Paraíba, Brasil	21
Figura 7. Número de entrenós (A) e plantas por metro linear (B) de cana-de-açúcar sob uso de bioestimulantes	27
Figura 8. Diâmetro do colmo em relação a cultivares (A), número de entrenós em relação a cultivares (B), diâmetro do colmo em função de dias após o cultivo (C) e plantas por metro linear em função de doses (D) de cana-de-açúcar sob uso de bioestimulante.....	28
Figura 9. Teor de sólidos solúveis - °Brix (A) e produtividade (B) de cana-de-açúcar em função de doses de bioestimulante	29
Figura 10. Análise de Componentes Principais (ACP)	30
Figura 11. Correlação de Pearson entre as variáveis analisadas.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Algumas propriedades do extrato pirolenhoso derivado da madeira	19
Tabela 2. Atributos químicos do solo da Fazenda Experimental Chã-de-Jardim, Areia, Paraíba, Brasil.....	22
Tabela 3. Tratamentos utilizados no experimento	23
Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), número de entrenós (NN), plantas por metro linear (PML), teor de sólidos solúveis e tonelada de cana por hectare de cana-de-açúcar submetida ao uso de bioestimulante.....	25
Tabela 5. Médias para as variáveis altura de planta (AP) e número de folhas (NF) de cana-de-açúcar em função do uso de bioestimulante	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
	2.1 A cultura da cana-de-açúcar: origem e aspectos gerais	13
	2.2 Importância econômica, morfologia e fenologia.....	14
	2.3 Bioestimulantes e suas resposta na cana-de-açúcar	17
	2.4 Extrato pirolenhoso como bioestimulante na cana-de-açúcar.....	19
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
	3.1 Área experimental.....	21
	3.2 Atributos químicos do solo.....	21
	3.3 Delineamento experimental.....	22
	3.4 Manejo agrônômico.....	22
	3.5 Variáveis analisadas.....	23
	3.6 Análise estatística	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5	CONCLUSÕES.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Globalmente, a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), é uma cultura que apresenta alto potencial para produção de alimentos (açúcar e subprodutos) e bioenergia (etanol de primeira e segunda geração, como também bioeletricidade) (OLIVEIRA et al., 2019), tornando o setor sucroalcooleiro altamente importante para a economia nacional do Brasil em termos de renda, emprego e comércio internacional (CARDOSO et al., 2019; DANELON et al., 2023).

Para a safra 2022/23, é estimado uma área de cultivo de cana-de-açúcar próximo a 8.307,3 mil hectares, com produtividade média aguardada de 72 kg/ha, produção de açúcar estimado em 36.372,6 mil toneladas e produção de etanol de 26,59 bilhões de litros (CONAB, 2022). Na mesma safra, estima-se que na região Nordeste do Brasil se alcance uma produtividade próximo de 62.720 kg/ha e uma produção de 54.824,6 mil toneladas, o que torna a cana-de-açúcar uma cultura de posição privilegiada no Nordeste e no país, com elevada aceitação no agronegócio brasileiro (FIGUEIREDO et al., 2022; CONAB, 2022). No estado da Paraíba, estima-se um total de 6.946 mil toneladas de cana-de-açúcar, o que apresentará um aumento de 22,1% em relação à safra 2021/22.

No entanto, para se obter respostas positivas da cana-de-açúcar, é necessário a utilização de práticas modernas e tecnologias que busquem maior rendimento e qualidade nas áreas de cultivo (UDOMPETAIKUL et al., 2021). Dentre elas, os bioestimulantes naturais vêm demonstrando um forte potencial para mitigar os estresses abióticos nas culturas e contornar problemas bióticos como controle de pragas e doenças, tornando, assim, o seu uso crescente a nível mundial na ordem de 11% anualmente, sendo uma alternativa promissora para verticalizar a produção agrícola (BHUPENCHANDRA et al., 2022; LILLIEHÖÖK, 2022).

Dentre os bioestimulantes naturais, tem-se o extrato pirolenhoso (EP), subproduto originado da condensação de vapores resultantes da fabricação de carvão vegetal, utilizado em maior parte na agricultura (44%), indústria de alimentos (17%), cosméticos (9%) e outros (30%) (ROCHA et al., 2022). Na agricultura, seu uso é reportado como promotor de crescimento das plantas (agindo como adjuvante ou coadjuvante na absorção de seus nutrientes por efeito quelante) e, potencializador do enraizamento (favorecendo associações microbianas na rizosfera) (VECHIA, 2020).

Essa gama de seguimentos positivos observados com a utilização do EP se dá pela sua composição na qual participam mais de 200 moléculas/compostos orgânicos, e com isso, há o interesse do seu uso em culturas de interesse agrícola (ROCHA et al., 2022). Dentro desse

contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do uso do extrato pirolenhoso sob o desempenho produtivo de cana-de-açúcar cultivada no Brejo paraibano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da cana-de-açúcar: origem e aspectos gerais

A cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum* L., é uma gramínea da família das Poaceae derivada do cruzamento de *S. spontaneum* L., *S. arundinaceum* Retzius (Syn: *Erianthus arundinaceus* (Retz.) Jeswiet), *S. robustum* Brandes e Jew e *Miscanthus* sp, onde vêm sendo cultivada desde a pré-história, sendo altamente relevante para o Brasil e para o mundo, especialmente pela produção de etanol e açúcar através de sua matéria-prima, considerados produtos de alta demanda de mercado nacional e internacional (SILVA et al., 2021).

Atualmente, ainda é incerto a origem da cana-de-açúcar, contudo, a teoria mais aceita é que seja originária das ilhas do arquipélago da Polinésia, sendo posteriormente levada ao Sul do continente Asiático (GRAVINA, 2019). Na era colonial, o açúcar aliado ao comércio de escravos africanos e os produtos manufaturados derivados da Europa, formaram os lados do comércio triangular de matérias-primas do Novo Mundo, e por essas circunstâncias, a lucratividade obtida com o comércio do açúcar tinha como destino a aquisição de produtos manufaturados destinados para a África Ocidental, que serviam como fonte de troca por escravos, onde os senhores do engenho obtinham lucros de vendas e faziam a compra de mais açúcar, alimentando este ciclo (GONZAGA et al., 2019). Na Figura 1, pode-se observar a hipótese mais aceita sobre a expansão geográfica da cana-de-açúcar.

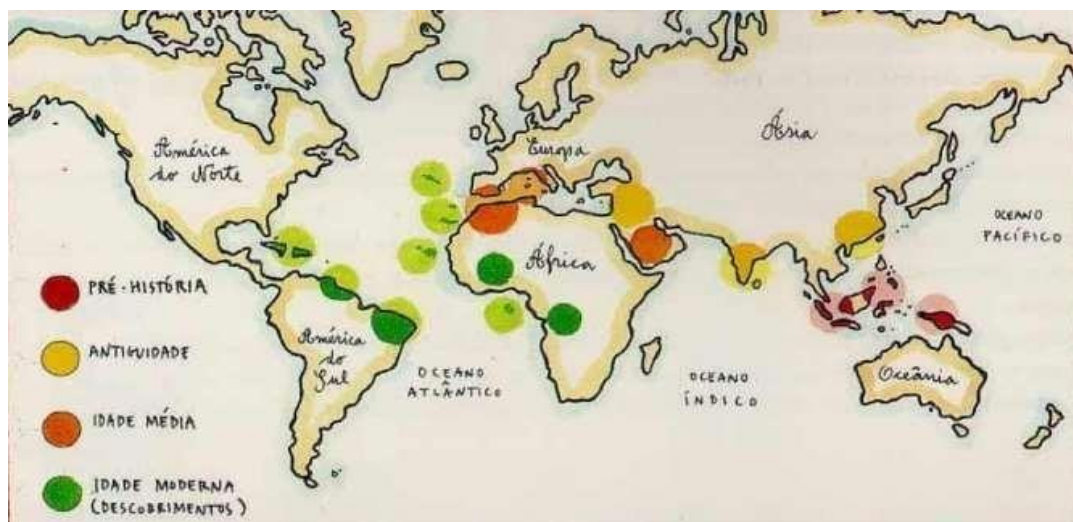


Figura 1. Hipótese mais aceita sobre a expansão geográfica da cana-de-açúcar.

Fonte: Philangra, 2018.

Na Figura 2, observa-se a variação percentual da área cultivada com a cultura da cana-de-açúcar nos Estados do Brasil.



Figura 2. Variação percentual da área cultivada com a cultura da cana-de-açúcar nos Estados do Brasil. **Fonte:** Miranda e Martinho (2020).

Com base na Figura 2, observa-se que o Estado de São Paulo mantém liderança de maior produtor nacional, apresentando cerca de 54% da produção brasileira na safra 2020/21, onde o Estado correspondeu a 63,2% (26.087,1 mil toneladas) da produção total de açúcar (41.254,3 mil toneladas) e 48,4% (14.388.254,0 mil litros de etanol) do volume total produzido (29.746.423,0 mil litros) (CONAB, 2021).

A cana-de-açúcar apresenta um rendimento médio de colmos que varia entre 60 e 100 t/ha, podendo variar por diversos efeitos como condições edafoclimáticas da região, tipo de solo, variedade utilizada, tratamentos culturais, adubação, e entre outros fatores (CARDOSO et al., 2017). A cana é uma planta que apresenta metabolismo C4, o que a confere uma boa eficiência em termos de conversão de energia luminosa em biomassa, especialmente quando comparada com plantas de ciclo C3 (PEREIRA, 2017).

2.2. Importância econômica, morfologia e fenologia

A cana-de-açúcar por apresentar diversas utilizações, é considerada uma cultura de alta importância econômica, sendo cultivada em diversas regiões, promovendo a geração de emprego, renda e segurança alimentar em todo o mundo, e em especial, no Brasil (SINGH et

al., 2020). Nesta perspectiva, o cultivo da cana-de-açúcar é realizado em escala industrial, com fabricação de açúcar que atinge mais de 90 países a nível mundial, contribuindo ainda com a demanda pela produção de energia sustentável (ARRUDA, 2011).

A nível global, a produção de cana atinge a marca de 1,6 bilhões de toneladas anualmente, sendo o Brasil atualmente o maior produtor desta cultura, seguido por países como Índia, China, Tailândia, Paquistão, México, Colômbia, Indonésia, Filipinas e os Estados Unidos (AJALA et al., 2021). Além da importância econômica pela produção de açúcar e etanol, a cana apresenta subprodutos importantes como a torta de filtro, melaço, bagaço e vinhaça (CHUNHAWONG et al., 2018; SILVA et al., 2021; DIAS et al., 2021), bem como responsável pela produção de doces, rapaduras, geleias, caldos e ainda utilizado na alimentação animal por meio da forragem (BELLÉ et al., 2014).

Quanto as suas questões morfológicas e fenológicas, a cana-de-açúcar apresenta reprodução sexuada, no entanto, o estabelecimento de lavouras é tido por forma assexuada a partir de segmentos do colmo denominados ‘toletes’, composto por nós e espaço entrenós (Figura 3) (THOMAS, 2016).

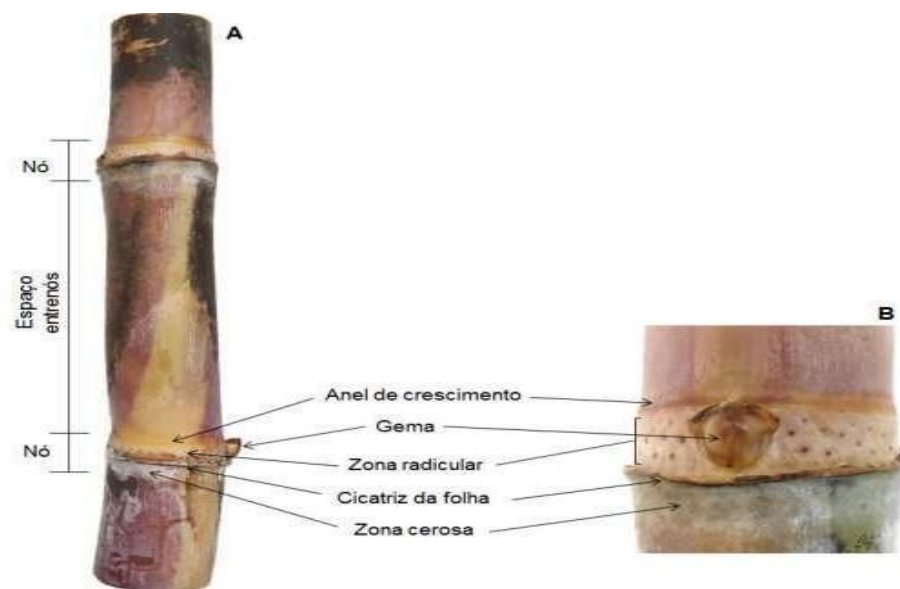


Figura 3. Tolete de cana-de-açúcar (A), Nó do tolete (B) e suas partes.

Fonte: Thomas (2016).

O cultivo mais usual de cana-de-açúcar se dar por meio do corte de colmos, seguido pela distribuição destes nos sulcos e corte em pedaços menores, chamados de toletes, com posterior cobertura com solo, e a partir destes processos, tem-se o desenvolvimento da cana-de-açúcar que se inicia com a brotação e emergência, perfilhamento, crescimento da parte aérea, florescimento e maturação dos colmos, como pode ser observado na Figura 4 (THOMAS, 2016).

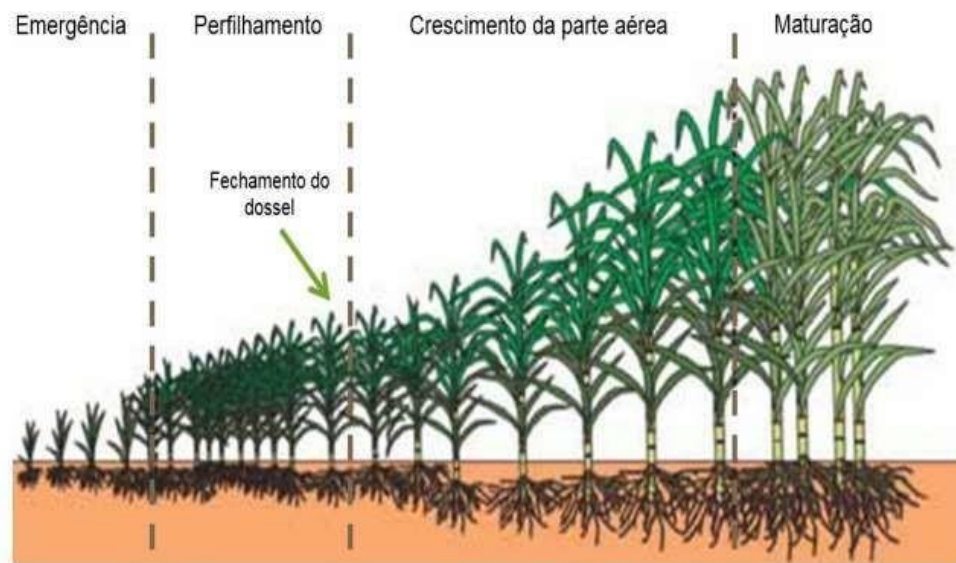


Figura 4. Estágios fenológicos da cana-de-açúcar.

Fonte: YaraBrasil (2016).

Durante o período de desenvolvimento vegetativo, a cana-de-açúcar necessita de um regime hídrico de 800 a 2.000 mm/ano, com boa distribuição ao longo dos anos, além de uma temperatura média em torno de 30 °C, com menor exigência destes fatores na sua fase de maturação, para que a planta cesse seu crescimento e acúmulo de açúcares nos colmos (RODRIGUES & ROSS, 2020).

Se tratando da parte aérea da cana-de-açúcar, a mesma se apresenta por apresentar caule em forma de colmos, com nós, entrenós e gemas, estando presente a inserção foliar, como pode ser observado na Figura 5.

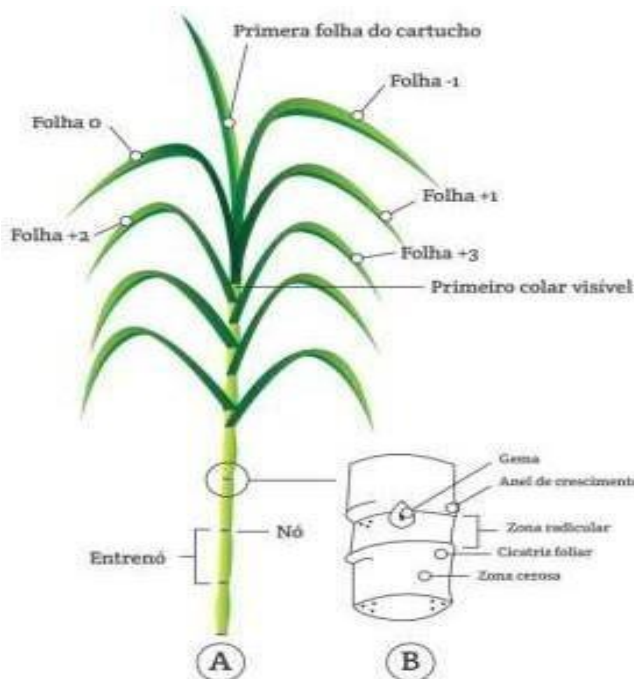


Figura 5. Classificação da cana-de-açúcar quanto a sua morfologia.

Fonte: Senar (2015).

Com base nos supracitados e levando em consideração as peculiaridades da cultura da cana-de-açúcar, é importante entender sobre informações que possam ser úteis no aprimoramento do aumento produtivo desta cultura, como é o caso do uso de bioestimulantes, que vem sendo uma prática utilizada capaz de responder de forma positiva no bom desenvolvimento da cultura.

2.3. Bioestimulantes e suas resposta na cana-de-açúcar

Os bioestimulantes são definidos por muitos pesquisadores como sendo substâncias sintéticas ou naturais, advindas de misturas de dois ou mais biorreguladores, ou destes com outras substâncias, como por exemplo, aminoácidos, vitaminas e nutrientes, os quais podem ser utilizados em aplicação nas plantas ou em tratamento de sementes (SANTOS et al., 2013). Com base nisso, dentre os bioestimulantes sintéticos que se conhece, o mais empregado é o composto hormonal que apresenta em sua composição a auxina, citocinina e giberelina, fitohormônios que ajuda no crescimento das células vegetais, além de apresentar aptidão de aumentar a absorção de água e nutrientes pelo vegetal (GONÇALVES et al., 2018).

De acordo com Taiz et al. (2017), a Auxina é o hormônio inicial do crescimento das plantas, formado nas extremidades apicais do caule e das raízes, onde exerce um papel essencial no

crescimento e desenvolvimento vegetal. Dessa forma, os efeitos fisiológicos encontrados pela ação da auxina se dão em alongamento celular, dominância apical, fototropismo e geotropismo, introdução de raízes e crescimento de frutos (CASTRO et al., 2019).

Por sua vez, as Citocininas são conhecidas pelo hormônio da juventude, visto apresentar funções importantes como retardamento da senescência vegetal, agindo na inibição da formação de radicais livres, ocasionando inibição a degradação de fosfolipídios da membrana, além de participar nas regulações de outros processos vegetais como proliferação celular e morfogêneses da parte aérea e raízes (TAIZ et al., 2017).

Já a Giberelina é considerada o segundo hormônio vegetal observado nas plantas (OLIVEIRA, 2019), capaz de promover o desenvolvimento fisiológico das plantas e apresenta finalidade em diversas áreas do crescimento das plantas, sintetizadas no ápice caulinar e radicular vegetal, possuindo papel importante nas modificações fisiológicas da floração, expressão sexual, germinação, abscisão e quebra de dormência (VIEIRA et al., 2010), além de efeitos no crescimento caulinar e desenvolvimento de sementes dentro do fruto (TAIZ et al., 2017).

Assim, a aplicação de bioestimulantes pode ser empregada de formas diferentes, como via foliar, irrigação ou via solo, sendo uma forma de suplementação de nutrientes. Na cana-de-açúcar, já se tem resultados importantes com o uso de bioestimulantes, como os reportados por Souza et al. (2020), Ferreira et al. (2020) e Giolo et al. (2021). Torsian et al. (2020) estudando o uso de bioestimulante no desenvolvimento da cana-de-açúcar, observaram resultados promissores, de modo que o bioestimulante estimulou o crescimento da cultura nas fases iniciais das plantas sob estresse hídrico.

Jacomassi et al. (2022) ao estudarem o uso de um bioestimulante para mitigação do estresse da seca na cana-de-açúcar constataram resultados positivos, visto que com o seu uso foi possível aliviar o estresse hídrico na cultura e melhorar ao mesmo tempo o desempenho vegetativo, a produção de açúcar e os processos fisiológicos enzimáticos da cultura. Silva et al. (2017) também observaram que o uso de bioestimulante na cana-de-açúcar promoveu crescimento vegetal de forma eficaz, aumentando ainda a produção da cultura. Nesta mesma perspectiva, Santos et al. (2020) concluíram em seu estudo que o uso de bioestimulante foi eficiente no aumento da tonelagem de cana, rendimento de açúcar e sacarose da variedade RB867515.

Assim, o manejo nutricional adequado com o uso de bioestimulantes consegue atender as necessidades da cana-de-açúcar. Com base nisso, estudos neste campo de produção vem aumentando de forma considerável, em especial, utilizando bioestimulante natural, como é o caso do Extrato Pirolenhoso.

2.4. Extrato pirolenhoso como bioestimulante na cana-de-açúcar

O Extrato Pirolenhoso (EP) é um subproduto utilizado principalmente para fins agronômicos, sendo originado da queima da madeira e utilizado como bioestimulante em diversas culturas agrícola, como é o caso da cana-de-açúcar, agindo como indutor de crescimento de raízes, e atuando ainda como fungicida, adubo orgânico e entre outros (ORAMAHI et al., 2018). Entende-se, ainda, ser um produto natural com uso em diversos países do continente asiático, no entanto, apenas em 2001 que o Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento – MAPA, cedeu sua utilização para fins de agricultura orgânica (CAMPOS, 2018).

A constituição deste produto é de aproximadamente 90% de água e 10% de misturas com maior complexidade de outros componentes, como por exemplo, fenóis, hidrocarbonetos, compostos orgânicos e nitrogenados (WU et al., 2015). Na Tabela 1 é possível observar os diferentes componentes elementares do EP e suas propriedades físico-químicas que é derivado da madeira.

Tabela 1. Algumas propriedades do extrato pirolenhoso derivado da madeira.

Propriedades	Valor em extrato pirolenhoso
Teor de umidade (% em peso)	15-30
pH	2,5
Gravidade Específica	1,2
Composição elementar (% em peso)	
C	54-58
H	5,5-7,0
O	35-40
N	0-0,2
Cinza	0-0,2
Alto poder calorífico (MJ/Kg)	16-19
Viscosidade a 773 K (cP)	40-100
Sólidos totais (% em peso)	0,2-1,0
Resíduo de destilação (% em peso)	Até 50

Fonte: Adaptado de Zhang et al. (2007); Czernik & Bridgwater (2004).

O EP pode ser empregado em todas as fases do ciclo da cana-de-açúcar, desde o tratamento de toletes até suas fases fenológicas e reprodutivas, agindo de maneira promissora como repelente de insetos que ocasionam danos as culturas, além de agir no metabolismo das plantas e contribuir em melhor resistência do vegetal a incidência de patógenos que ocasionam doenças (AZEVEDO et al., 2021).

Na literatura, se tem poucos estudos com o uso do EP para a cana-de-açúcar, sendo a mais atual reportada por Bondade et al. (2022), avaliando a produtividade e ganho econômico desta cultura em dois anos de cultivo com uso de extrato pirolenhoso, onde observaram resultados que indica que o EP quando bem utilizado consegue gerar um ótimo retorno.

Assim, por ser carente de informações relacionado ao uso do EP nesta cultura de alta importância para o Brasil, torna-se necessário pesquisas experimentais que busquem subsidiar informações relevantes para produtores do país. De modo a contribuir com os avanços neste campo de estudo, será observado nas seções a seguir os resultados encontrados com o uso do extrato pirolenhoso como bioestimulante na cana-de-açúcar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental

O trabalho foi conduzido entre 2021 e 2022, na Fazenda Experimental Chã de Jardim do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCS), no Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizada no município de Areia, Paraíba, Brasil (Figura 6) (latitude 6° 57' 42" S, longitude 35° 41' 43" W, altitude 573 m). O clima da região de acordo com a classificação climática de Köppen é do tipo Aw', quente e úmido (ALVARES et al., 2013), com chuvas no período outono-inverno e com precipitação média anual entre 1000 e 1400 mm, e temperatura média de 26 °C (RIBEIRO et al., 2018).

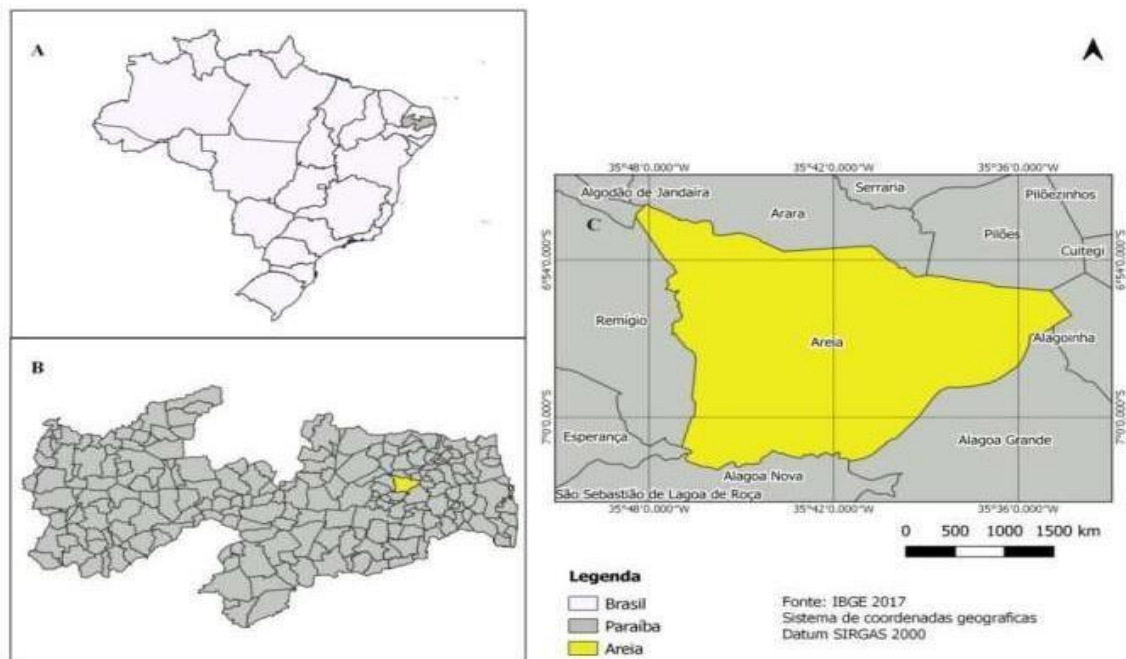


Figura 6. Mapa de localização do município de Areia, Paraíba, Brasil.

Fonte: Xavier (2021).

3.2. Atributos químicos do solo

Antes da realização das atividades experimentais, realizou-se análise química do solo de acordo com os protocolos estabelecidos pela Embrapa (2017), coletando amostras prévias do solo na camada arável de 0 a 20 cm de profundidade e depois misturados em uma única amostra para posterior análise de solo no Laboratório de Solos da Universidade Federal da Paraíba (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos químicos do solo da Fazenda Experimental Chã-de-Jardim, Areia, Paraíba, Brasil.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	MO
H ₂ O	- mg dm ⁻³									g kg ⁻¹
6,3	2,46	56,80	0,04	4,95	0,05	3,97	2,04	6,19	11,14	29,79

(P e K): Extrator Mehlich⁻¹; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; MO: matéria orgânica.

3.3. Delineamento experimental

O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 10 tratamentos, quatro repetições, totalizando 40 parcelas. Cada parcela contendo 4 sulcos, medindo 3,6 m de largura e 5,0 m de comprimento, e cada bloco contendo os 10 tratamentos. A área experimental tem um total de 21,6 m de largura e 54,6 m de comprimento, apresentando 1.179,36 m² ou 0,118 hectares.

3.4. Manejo agronômico

Utilizou-se nesse experimento as cultivares de cana-de-açúcar (RB041443 e RB867515), visto ser duas variedades usualmente utilizada no nordeste brasileiro e indicadas para o cultivo na região, apresentando em suas características morfológicas uma rápida velocidade de crescimento vegetativo, rusticidade, bem como elevada produtividade agrícola (BARBOSA, 2018).

O experimento foi conduzido em seu segundo ano, ou seja, em cana soca, em que no processo de implantação, os sulcos foram abertos de forma mecanizada a uma profundidade de 0,40 cm e o plantio foi executado de forma manual, com 15 a 18 gemas por metro linear, utilizando-se da técnica padrão pé e ponta, com distribuição uniforme dos colmos nos sulcos, que foram cortados em toletes com tamanho médio de 60 cm.

No plantio, realizou-se a calagem manual a lanço com uso de calcário dolomítico, seguindo a recomendação de calagem obtida nos cálculos através da análise química do solo. Já para a cana-soca não se utilizou correção do solo com calcário dolomítico, apenas resíduos da cana planta.

Na adubação de plantio, foram utilizados 30 kg de N ha⁻¹, 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg de K₂O ha⁻¹, fornecidos através do formulado (MAP) 11-52-00 e da aplicação complementar

com cloreto de potássio. Quanto a adubação de cobertura, utilizou-se 70 kg de N ha⁻¹ e 80 kg de K₂O ha⁻¹, parcelados em duas vezes através do fornecimento do formulado 15-00-26.

Na Tabela 3, observa-se os tratamentos que foram utilizados na área experimental.

Tabela 3. Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Informação
T1	C1 D5
T2	C1 D10
T3	C1 D15
T4	C1 D20
T5	C1 Test
T6	C2 D5
T7	C2 D10
T8	C2 D15
T9	C2 D20
T10	C2 Test

C1: RB 041443; C2: RB 867515; Extrato Pirolenhoso: Doses (D5= 5 L/ha, D10= 10 L/ha, D15= 15 L/ha, D20= 20 L/ha).

3.5. Variáveis Analisadas

As variáveis biométricas foram realizadas aos 97, 182 e 285 dias após o corte (DAC), sendo a análise de produtividade e teor de sólidos solúveis realizada no momento da colheita.

✓ Altura de plantas (AP)

Foi obtida a altura média das 3 plantas por parcela, 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. Os dados coletados em campo eram anotados em planilhas de acordo com o croqui da área experimental.

✓ Número de folhas (NF)

O número de folhas foi determinado de forma manual, contando as três plantas de cada parcela experimental. Utilizou-se para a contagem apenas as folhas que se encontravam totalmente abertas nas plantas escolhidas.

✓ Diâmetro do colmo (DC)

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.

✓ Número de entrenós (NE)

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 três plantas analisadas de cada parcela experimental como nas demais variáveis estudadas.

✓ Plantas por metro linear (PML)

Foi contabilizado o número de colmos existente nos dois sulcos centrais de cada parcela, utilizando 1 metro em cada linha, e realizando uma média para obter assim a quantidade média de plantas por metro linear.

✓ Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Com o auxílio de um refratômetro de campo, foram escolhidas 5 plantas de forma aleatória dentro de cada parcela, nas duas linhas centrais, fazendo a retirada do caldo da parte basal e da apical do colmo. O °Brix foi obtido no momento da colheita.

✓ Tonelada de cana por hectare (TCH)

A TCH foi determinada no momento da colheita com auxílio de uma balança digital de até 1000 kg, para realizar a pesagem das plantas presentes nas parcelas, com valores adquiridos em quilogramas (kg). A TCH foi obtida a partir dos dados de colmos industrializáveis, realizando o corte de toda a parcela de cada tratamento, seguindo a equação abaixo, seguindo a metodologia descrita por Mariotti e Lascano (1969), citada por Arizono et al. (1988).

$$TCH = \frac{\text{massa total da parcela (kg)}}{\text{área útil(m}^2\text{)}} \times 10$$

3.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e em seguida, os valores médios de cultivares e dias após colheita foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e para doses procedeu-se a análise de regressão. Utilizou-se ainda, a análise de componentes principais e a correlação de Pearson (r) entre as variáveis em estudo, sendo que a significância do r foi verificada por meio do teste t de Student a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA) evidenciou que as interações duplas (cultivares x doses) diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste F apenas para a variável AP e tonelada de cana por hectare e a ($p \leq 0,01$) para o teor de sólidos solúveis (Tabela 4). Por outro lado, a interação (cultivares x dias após colheita) mostrou diferença significativa a 1 e 5% para as variáveis NF e PML, respectivamente. Quando observado a interação (doses x dias após colheita), nota-se diferença estatística ($p \leq 0,01$) apenas para as variáveis AP e NE. Ainda, a interação tripla (cultivares x doses x dias após colheita) apresentou diferença estatística ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$) para as variáveis AP e NF, respectivamente.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), número de entrenós (NN), plantas por metro linear (PML), teor de sólidos solúveis e tonelada de cana por hectare de cana-de-açúcar submetida ao uso de bioestimulante.

FV	GL	F Calculado				
		AP	DC	NF	NN	PML
Bloco	3	0,82	0,89	2,81	1,11	3,98
Cultivares (C)	1	3,97*	24,31**	13,63**	7,67**	1,07ns
Doses (D)	4	7,41**	0,77ns	0,89ns	176,91**	3,29*
Dias após Colheita (DC)	2	1456,35**	18,74**	25,41**	1110,70**	12,30**
C x D	4	3,30*	1,12ns	1,99ns	2,04ns	0,64ns
C x DC	2	1,02ns	1,49ns	7,21**	1,80ns	3,98*
D x DC	8	10,05**	1,64ns	0,37ns	88,35**	0,52ns
C x D x DC	8	4,49**	0,89ns	2,64*	0,63ns	0,52ns
Erro	87					
CV (%)		12,93	14,07	18,61	12,17	19,16
		Teor de sólidos solúveis		Tonelada de cana por hectares		
Bloco	3		1,15		1,21	
Cultivares (C)	1		6,76*		0,005ns	
Doses (D)	4		3,71*		8,58**	
C x D	4		5,35**		2,96*	
Erro	27					
CV (%)			8,79		17,45	

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade segundo o teste F. ns: não significativo. FV: fonte de variação, GL: grau de liberdade.

Para a variável altura da planta (AP), melhores resultados foram observados para a cultivar 1, na dose de 20 L ha⁻¹ (Tabela 5). Em função dos dias após a colheita, resultados positivos foram observados aos 285 DAC. Resultados que podem estar relacionados a adição de macro e micronutrientes presentes no bioestimulante que participam de atividades enzimáticas da planta, podendo auxiliar em muitos processos fisiológicos, especialmente, melhorando a taxa fotossintética da cultura, o que possibilita o aumento de colmos, elevando, dessa forma, o crescimento da cana-de-açúcar (VAZQUEZ & SANCHES, 2010). Destaca-se que, a altura de planta é uma variável agrônômica importante para que a cultura obtenha rendimentos promissores, visto estar associada à produção de biomassa (HAN et al., 2019). Dessa forma, resultados como os obtidos neste estudo se mostram interessantes.

Tabela 5. Médias para as variáveis altura de planta (AP) e número de folhas (NF) de cana-de-açúcar em função do uso de bioestimulante.

Cultivares	Dias após Colheita	Altura da Planta (cm)				
		Doses (L ha ⁻¹)				
		0	5	10	15	20
Cultivar 1	97	24,32cAδ	24,00cAδ	22,77cAδ	23,35cAδ	23,40cAδ
Cultivar 1	182	104,91bAβ	109,92bAβ	97,50bAβ	106,24bAβ	109,41bAβ
Cultivar 1	285	170,16aBα	181,16aABα	196,16aABα	206,16aAα	196,66aAα
Cultivar 2	97	23,97cAδ	22,10cAδ	25,25cAδ	21,45cAδ	22,95cAδ
Cultivar 2	182	107,66bAβ	98,66bAβ	101,83bAβ	100,91bAβ	92,83bAβ
Cultivar 2	285	112,83bBα	206,33aAα	206,33aAα	184,66aAα	194,49aAα
Número de folhas (u)						
Cultivar 1	97	3,10bcAδ	3,45bAδ	3,40bAδ	3,45aAδ	3,40bAδ
Cultivar 1	182	4,24bAβ	4,17abAβ	4,39abAβ	4,62 aAα	4,63abAβ
Cultivar 1	285	5,83aAα	5,33aABα	5,49aABα	4,33aBβ	4,99aABα
Cultivar 2	97	3,20bcAβ	3,65bAδ	3,50bAβ	3,44aAδ	3,60abAβ
Cultivar 2	182	3,91bcAα	3,89abAβ	3,83bAα	3,83aAβ	4,16abAα
Cultivar 2	285	2,66cBδ	4,66abAα	3,66bABαβ	4,99aAα	4,16 abAα

a, b, c - médias seguidas de diferentes letras minúsculas na coluna diferem entre si quanto as cultivares, pelo teste de Tukey.

A, B - médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem entre si quanto as doses, pelo teste de Tukey.

α, β, δ - médias seguidas de diferentes letras gregas na coluna diferem entre si quanto aos dias após colheita, pelo teste de Tukey.

Resultados semelhantes à altura de plantas também foram verificados para o número de folhas (NF) com a mesma cultivar, com maior destaque na dose de 10 L ha⁻¹. Tais resultados pode estar relacionado a aplicação do produto e os nutrientes nele presente, de modo que essa dose garantiu reposta nutritiva e metabólica mais eficiente para as plantas, ativando as enzimas para ações fenológicas e oferecendo maior produção de número de folhas por influencia da aplicação do bioestimulante (NICCHIO et al., 2020).

Para a variável número de entrenós em função das doses, pode-se observar efeitos significativos (Figura 7A). A avaliação com 285 e 182 DAC se comportou de forma quadrática com concavidade voltada para baixo, com maiores resultados de NN na dose de 10 e 15 L ha⁻¹, respectivamente, diferente da avaliação com 97 DAC que se comportou de forma linear decrescente com o aumento das doses do bioestimulante.

Esses resultados positivos encontrados no maior tempo em dias de avaliação, especialmente aos 285 DAC, estar relacionado ao alongamento celular da cana-de-açúcar, a qual a gema apical vegetativa é responsável pelo crescimento em altura da planta, resultando em uma sucessão de nós e entrenós que formam o colmo do vegetal (STOLLER, 2021). Aliado a isso, o bioestimulante pode ter melhorado a eficiência da cultura, elevando o seu número de entrenós (MIRANDA-STALDER & BURNQUIST, 2019). Por outro lado, é importante salientar que o maior número de entrenós só é viável se acompanhado de uma maior altura de plantas, visto que entrenós reduzidos afetam de forma direta a produtividade da cana-de-açúcar (CHEN et al., 2020).

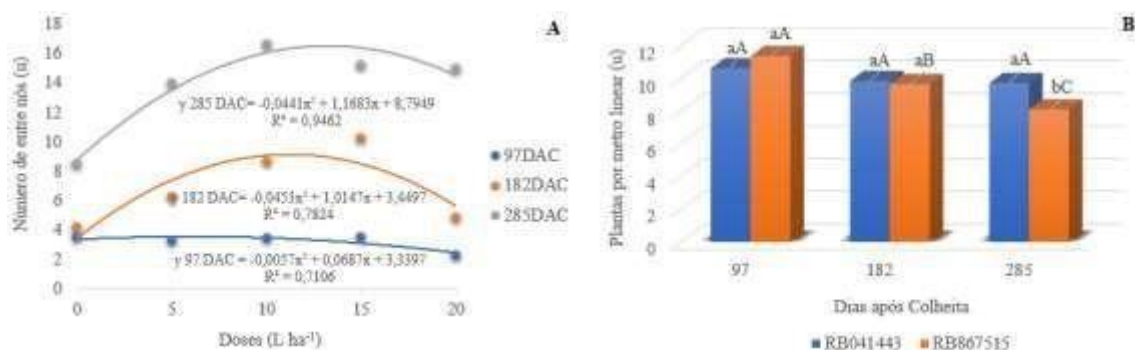


Figura 7. Número de entrenós (A) e plantas por metro linear (B) de cana-de-açúcar sob uso de bioestimulante. **Fonte:** Autoria própria (2023).

Para o fator separado DAC, na variável número de plantas por metro linear, observa-se diferença estatística entre os dias após colheita para a cultivar RB867515 e não significativo para a cultivar RB041443 (Figura 7B), com melhores resultados obtidos aos 97 DAC para a cultivar RB867515 (11 plantas/ metro linear) e piores resultados para a mesma cultivar aos 285 DAC (7 plantas/ metro linear). Os bons resultados encontrados para a RB867515 aos 97 DAC possivelmente estar relacionado a intensa produção de perfilhos para essa cultivar, que pode chegar até os 105 dias após o plantio (GEROMEL et al., 2019). De fato, observamos baixa produção de perfilhos aos 182 e 285 DAC. Diferentemente da cultivar RB041443, a qual

permaneceu com médias próximas de perfilhos independentemente do período avaliado, podendo estar relacionado a menor competição entre as plantas por água, luz e espaço quando se tem máxima produção de perfilhos (97 DAC), reduzindo a morte do número de plantas por metro linear (MANHÃES et al., 2015). No geral, encontramos resultados interessantes, especialmente ao levar em consideração a média de perfilhos dessas cultivares reportados pela literatura (7,7-11,0) plantas m^{-2} (DIAS et al., 2020).

Para o diâmetro do colmo em função da cultivar, observa-se diferença estatística, com melhores resultados obtidos com a RB867515 (Figura 8A), de fato, outros estudos já apontaram ser uma cultivar com bom diâmetro de colmo, fato que estar ligado a sua boa adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, porém, não se destaca quanto a elevados números de entrenós, mantendo nos tamanhos (VELOSO et al., 2018; RIDESA BRASIL, 2010). Nesta perspectiva, observamos um resultado oposto para a variável número de entrenós, com valores superiores encontrados na cultivar RB041443 (Figura 8B).

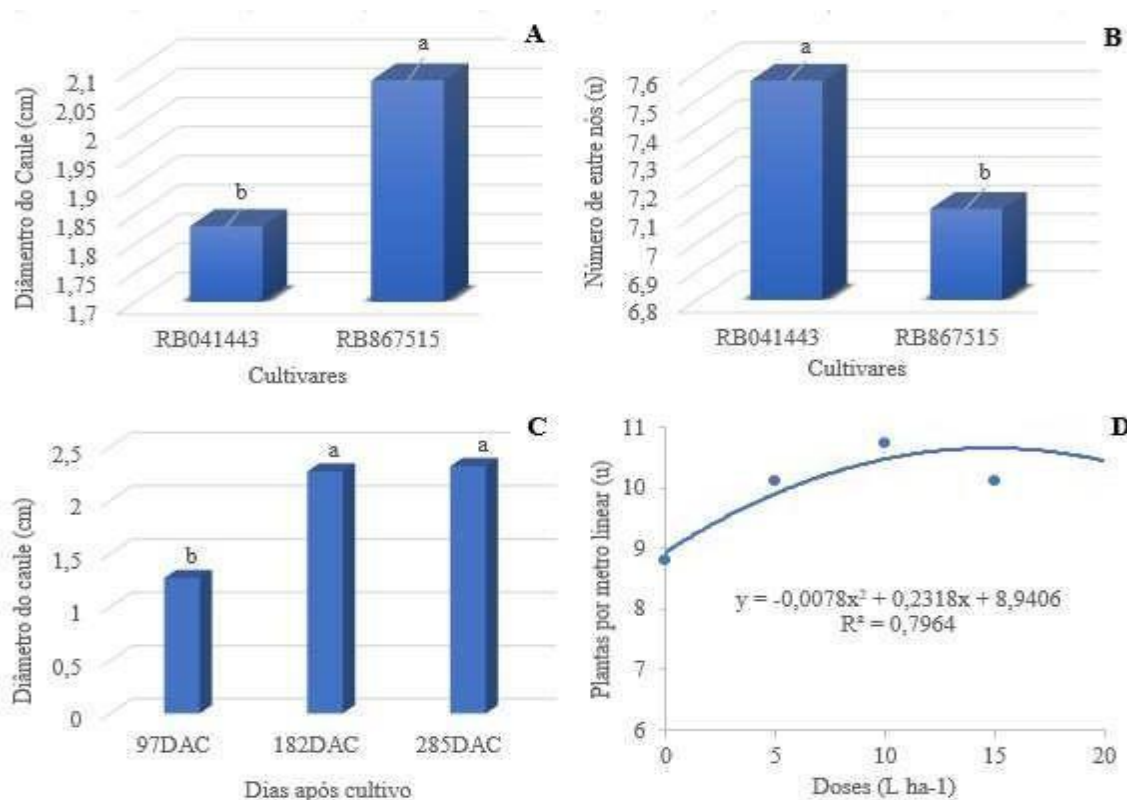


Figura 8. Diâmetro do colmo em relação a cultivares (A), número de entrenós em relação a cultivares (B), diâmetro do colmo em função de dias após o cultivo (C) e plantas por metro linear em função de doses (D) de cana-de-açúcar sob uso de bioestimulante. **Fonte:** Autoria própria (2023).

Diferença estatística também foi observado para o diâmetro do caule em função dos dias após o cultivo, com resultados inferiores encontrados aos 97 DAC e superiores aos 182 e 285 DAC (Figura 8C). Tais resultados estão ligados ao engrossamento da cultura a partir de 180 DAC e aumento de sacarose nos colmos, que ocorre a partir dos 270 DAC, fazendo com que a cultura reduza o seu crescimento vegetativo e passe a acumular maiores quantidades de açúcares nos espaços disponíveis do colmo, aumentando o seu diâmetro (BARBARA & MARCO FERRO, 2020). Por sua vez, para o número de plantas por metro linear em função das doses de bioestimulante, observa-se efeito quadrático, com melhor resultado obtido na dose de 10 L ha⁻¹, apresentando cerca de 11 plantas/ metro linear (Figura 8D). Dessa forma, a utilização de uma dose ideal tende a contribuir no maior número de plantas por metro linear, aumentando o rendimento final e oferecendo maiores ganhos econômicos para o produtor (ZENG et al., 2020).

Quanto ao teor de sólidos solúveis em função das doses, nota-se efeito quadrático com concavidade voltada para baixo, com melhores resultados encontrados para a cultivar RB041443 independentemente da dose utilizada (Figura 9A). Esse resultado corroboram os obtidos por Nascimento et al. (2019), onde observaram altos valores de °Brix para a mesma cultivar aqui estudada, mostrando apresentar alto teor de sacarose, capaz de promover alto rendimento de açúcar e de toda a produção (BARBOSA, 2018).

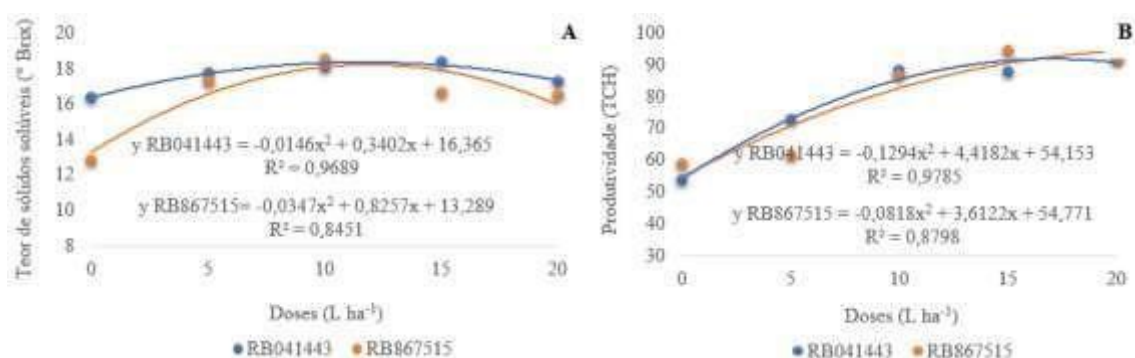


Figura 9. Teor de sólidos solúveis - °Brix (A) e produtividade (B) de cana-de-açúcar em função de doses de bioestimulante. **Fonte:** Autoria própria (2023).

Efeito quadrático também foi observado para a variável produtividade em função das doses utilizadas, com aumento do TCH a medida do aumento da dose do bioestimulante, com melhores resultados obtidos para a cultivar RB041443 na dose de 15 L ha⁻¹ (Figura 9B). Resultados promissores, especialmente ao se considerar que a produtividade média da cana-de-

açúcar no ano de estudo (2021/2022), no Brasil, foi de 69,35 ton ha⁻¹ e no estado da Paraíba próximo a 55,00 ton ha⁻¹ (SIDRA, 2021). Ainda, o bioestimulante possivelmente alterou a distribuição das raízes, modificando o acesso aos recursos do solo, impactando posteriormente na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (ROSSI NETO et al., 2018).

A análise de componentes principais (ACP) explicou 70,3% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) (Figura 10). No eixo 1, que aglutinou 47,9% da explicação dos dados, observou-se associação significativa entre as variáveis plantas por metro linear (PL), altura de planta (AP), número de entrenós (NN) e tonelada de cana por hectare (TCH), destacando-se para esse eixo a cultivar 1 na dose de 15 e 20 L ha⁻¹.

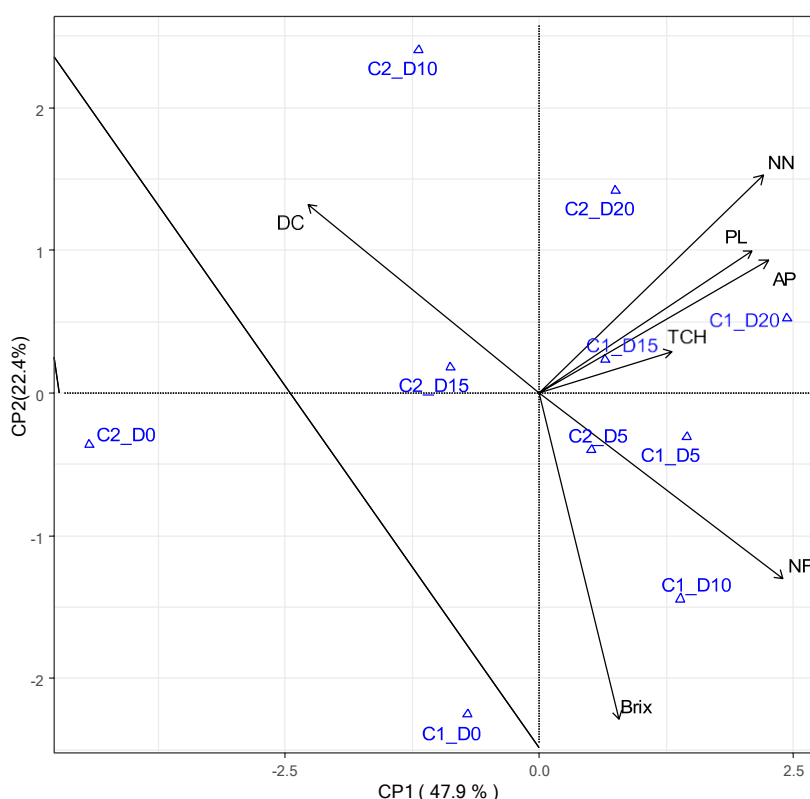


Figura 10. Análise de Componentes Principais (ACP). **Fonte:** Autoria própria (2023).

No eixo 2, que reuniu 22,4% da explicação da variância original, obteve-se associação significativa para o diâmetro do colmo (DC) (Figura 10). No eixo, destacam-se a cultivar 2 na dose de 15 L ha⁻¹, contrapondo-se com a cultivar 1 na dose de 0 L ha⁻¹, que apresentou desempenho inferior para essa variável. Nesse sentido, torna-se importante a utilização de tecnologias que viabilizem um melhor desempenho agrônomo da cana-de-açúcar, como é o caso dos bioestimulantes, de forma a aumentar o rendimento dos canaviais (CARVALHO et al., 2018).

Ainda, observa-se correlações fortes e significativas entre as variáveis (Figura 11). A produtividade da cultura (TCH) apresentou correlação significativa com as variáveis NN e AP ($r=0.42$ e $r=0.35$), respectivamente. A variável PL apresentou forte correlação com AP, NF e NN ($r=0.48$, $r=0.85$ e $r=0.88$), respectivamente. A variável NN correlaciona com AP ($r=0.62$) e NF ($r=0.69$). Ainda, observa-se correlação entre NF com AP ($r=0.45$). Valores insignificativos foram observados para as demais correlações.

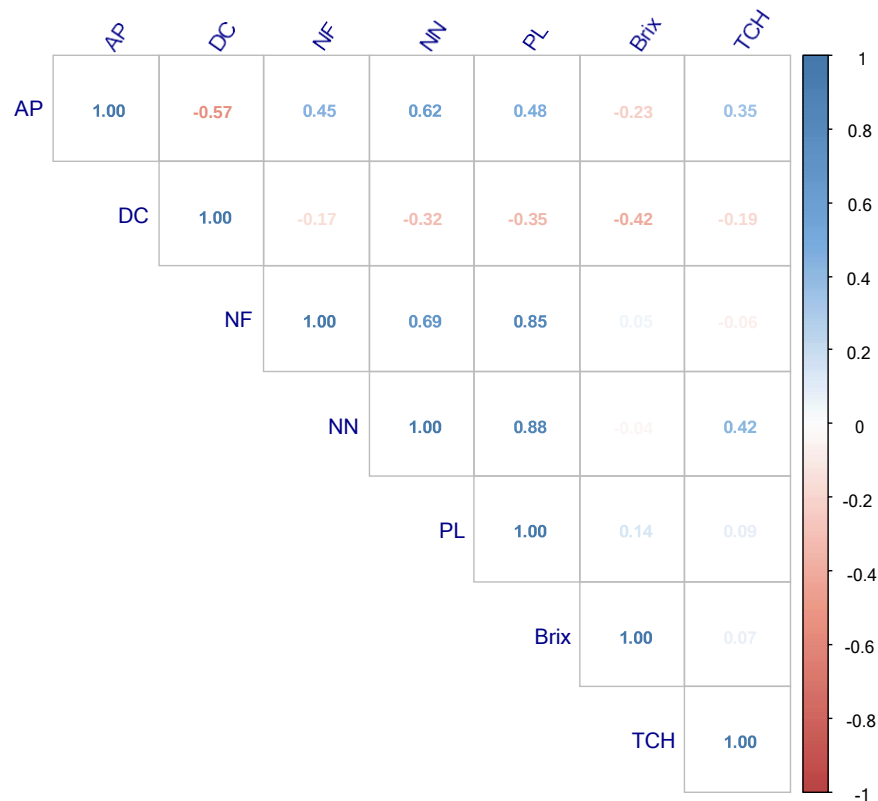


Figura 11. Correlação de Pearson entre as variáveis analisadas. **Fonte:** Autoria própria (2023).

Resultados esses que refletem o comportamento também observado na ACP. Assim sendo, a adoção de um cultivo mais tecnificado torna-se importante para que a cultura da cana-de-açúcar continue a ter vanguarda na produção estadual e do município do estudo, bem como, possa apresentar melhores índices produtivos e melhor retorno econômico ao produtor (DIAS et al., 2021).

5 CONCLUSÕES

As doses utilizadas geraram efeitos diferentes nas cultivares estudadas;
A dose de 15 L ha⁻¹ aliado a cultivar 1 (RB041443) apresentou maiores ganhos em TCH;
A cultivar 1 (RB041443) se destacou na maioria das variáveis analisadas, exceto para a variável diâmetro do colmo (DC).

REFERÊNCIAS

- AJALA, E. O.; IGHALO, J. O.; AJALA, M. A.; ADENIYI, A. G.; AYANSHOLA, A. M. Sugarcane bagasse: a biomass sufficiently applied for improving global energy, environment and economic sustainability. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 8, n. 1, p. 1-25, 2021.
- ALVARES, Clayton Alcarde. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARRUDA, P. Perspective of the sugarcane industry in Brazil. **Tropical Plant Biology**, v. 4, n. 1, p. 3-8, 2011.
- AZEVEDO, F. R. et al. Eficiência de produtos naturais para o controle de Bemisia tabaci biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, p. 73-79, 2021.
- BARBARA, G.; MARCO FERRO, D. A. Maturadores em cana de açúcar: comparação entre os princípios ativos dos produtos trinexapaque-etílico (MODDUS) e glifosato (ROUNDUP). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48571-48578, 2020.
- BARBOSA, G. V. Contribuição da RIDESA para o setor sucroenergético brasileiro. **Ridesa do Brasil**. Ribeirão Preto-SP. 2018.
- BARBOSA, G. V. **Contribuição da RIDESA para o setor sucroenergético brasileiro**. RIDESA DO BRASIL. Ribeirão Preto-SP, 2018.
- BELLÉ, Cristiano. et al. Fitonematoides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. **Nematropica**, v. 44, n. 2, p. 207-217, 2014.
- BHUPENCHANDRA, Ingudam. et al. Role of biostimulants in mitigating the effects of climate change on crop performance. **Front. Plant Sci**, v. 13, p. 967665, 2022.
- BONDADE, Bruno et al. Produtividade e ganho econômico do extrato pirolenhoso na cultura da cana-de-açúcar em dois anos de cultivo. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 4, n. 4, 2022.
- CAMPOS, A. D. **Informação Técnica sobre Extrato Pirolenhoso**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 9, 2018.
- CARDOSO, Terezinha F. et al. A regional approach to determine economic, environmental and social impacts of different sugarcane production systems in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 120, p. 9-20, 2019.
- CARDOSO, Terezinha F. et al. Economic, environmental, and social impacts of different sugarcane production systems. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 12, n. 1, p. 68-82, 2018.
- CARVALHO, André Luiz. et al. Sugarcane productivity simulation under different planting times by DSSAT/CANEGRO model in Alagoas, Brazil. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 190-198, 2018.
- CASTRO, P. R. C. et al. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2ed. 2019.

CHEN, Rongfa. et al. Enhanced Activity of genes associated with photosynthesis, phytohormone metabolism and cell wall synthesis is involved in gibberellin-mediated sugarcane internode growth. **Frontiers in Genetics**, v. 11, p. e1142, 2020.

CHUNHAWONG, Kitti. et al. Sugar industry and utilization of its by-products in Thailand: an overview. **SugarTech**, v. 20, n. 2, p. 111-115, 2018.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 9, n. 3 dezembro 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

CZERNIK, Stefan; BRIDGWATER, A. V. Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil. **Energy & fuels**, v. 18, n. 2, p. 590-598, 2004.

DANELON, André Felipe. et al. The role of productivity and efficiency gains in the sugar-ethanol industry to reduce land expansion for sugarcane fields in Brazil. **Energy Policy**, v. 172, p. 113327, 2023.

DIAS, Henrique Boriolo. et al. Traits for canopy development and light interception by twenty-seven Brazilian sugarcane varieties. **Field Crops Research**, v. 249, p. 107716, 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.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 575p.

FERREIRA, Suellen Rodrigues. et al. Produtividade de cana-de-açúcar de segundo corte fertilizada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4594-4600, 2020.

FIGUEIREDO, Héliida Cristina Noronha. et al. Obtaining and characterizing biodegradable composites from agroenergetic residues. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 19, n. 1, p. 01-13, 2022.

GEROMEL, Mailson Eduardo. et al. Adubos de liberação lenta em cana-de-açúcar. **Scientia Plena**, v. 15, n. 6, 2019.

GIOLO, Rodrigo. et al. O uso de estimulante afeta ou não o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar?. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 3, p. 46-52, 2021.

GONÇALVES, Bruno Henrique Leite. et al. Efeito do bioestimulante Stimulate[®] no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro cv. BRS Rubi do Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 147-155, 2018.

GONZAGA, Rhaysa T. et al. A cultura afro-brasileira no ensino de química: a interdisciplinaridade da química e a história da cana-de-açúcar. **Química Nova Escola**, v. 41, n.1, p. 25-32, 2019.

GRAVINA, Otavio Silveira. **Atributos físicos e hídricos do solo em ambientes de produção de cana-de-açúcar fertirrigada**. 2021. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

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

JACOMASSI, Lucas Moraes. et al. A seaweed extract-based biostimulant mitigates drought stress in sugarcane. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1366, 2022.

LILLIEHÖÖK, A. **Bioestimulantes**. 2022. Disponível em: <https://stud.epsilon.slu.se/17661/>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

MANHÃES, Carmen Maria Coimbra. et al. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

MIRANDA, E. E.; MARTINHO, P. R. R. **Dimensão territorial e tendências da cana-de-açúcar entre 2009 e 2020**. Revista Opiniões, p.15-17, 2020. Disponível em: <https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/3-dimensao-territorial-etendencias-da-cana-de-acu/>. Acessado em: 12 de abril de 2023.

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.

NASCIMENTO, Mayra Alves. et al. Teor de sólidos solúveis de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a calagem em dois ciclos produtivos da cultura. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, 2019.

NICCHIO, Bruno. et al. Efeito da adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 10-24, 2020.

OLIVEIRA, Dener MS. et al. Is the expansion of sugarcane over pasturelands a sustainable strategy for Brazil's bioenergy industry?. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 102, p. 346-355, 2019.

OLIVEIRA, L. E. M. **Temas em Fisiologia Vegetal** – Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Agosto de 2019. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/praticas-laboratoriais-em-fisiologia-vegetal/espectro-absorcao-radiacao/>. Acessado em: 13 de abril de 2023.

ORAMAHI, Hasan Ashari. et al. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from oil palm trunk. **Journal of Wood Science**, v. 64, n. 3, p. 311-317, 2018.

PEREIRA, Nevison Amorim. Variáveis de custos de produção da cana-de-açúcar e suas diferenças entre as regiões produtoras. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, p. 757-774, 2017.

PEREIRA, Samuth Duarte Alves. **Influência do fósforo sobre características agronômicas em cana-de-açúcar**. 2017. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2019. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RIBEIRO, Cléber Batista. et al. Resposta da aplicação de micronutrientes via foliar em cana-de-açúcar. **Anais da Semana Agronômica da Faculdade Evangélica de Goianésia**, v. 8, n. 2018, 2018.

RIDESIA BRASIL. Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar. **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**. Curitiba, 2010, 140p.

ROCHA, Fabiano Teles. et al. Extrato pirolenhoso na germinação de sementes forrageiras. **Conjecturas**, v. 22, n. 2, p. 485-499, 2022.

RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil** [recurso eletrônico]: perspectivas geográfica, histórica e ambiental /,- Uberlândia : EDUFU, 2020.

ROSSI NETO, João. et al. The Arrangement and Spacing of Sugarcane Planting Influence Root Distribution and Crop Yield. **BioEnergy Research**, v.11, p.291–304, 2018.

SANTOS, Gustavo Alves. et al. Effect of biostimulants on tilling, yield and quality component of sugarcane. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29907-29918, 2020.

SANTOS, Valdere Martins. et al. Uso de bioestimulante no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 307-318, 2013.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Curso Técnico em Agronegócio. Apostila: Técnicas de Produção Vegetal. **Rede e-Tec Brasil**, Brasília, 2015.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 29 de maio de 2023.

SILVA, Silézio Ferreira. et al. The biostimulant manufactured using diazotrophic endophytic bacteria and humates is effective to increase sugarcane yield. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, p. 1-6, 2017.

SINGH, Ram Baran. et al. Assessing genetic diversity and population structure of sugarcane cultivars, progenitor species and genera using microsatellite (SSR) markers. **Gene**, v. 753, p. e144800, 2020.

SOUZA, Marliezer Tavares. et al. Altura de planta e diâmetro de colmo em cana-de-açúcar de segundo corte fertilizada com organomineral de lodo de esgoto e bioestimulante. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1988-1994, 2020.

STOLLER. **Tudo sobre o ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar**. 2021. Disponível em: <https://www.stoller.com.br/tudo-sobre-as-fases-de-desenvolvimento-da-cana-de-acucar/>. Acessado em: 29 de maio de 2023.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Artmed, 2017, 888p.

THOMAS, André Luís. **Desenvolvimento da planta de cana-de-açúcar**. Cana-de-açúcar, p. 55-75, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/147567/000998097.pdf?sequence=1>. Acessado em: 12 de abril de 2023.

TORSIAN, Walleska Silva. et al. Bioestimulantes no desenvolvimento da cana-de-açúcar. **MAGISTRA**, v. 31, p. 625-634, 2020.

UDOMPETAIKUL, Vasu. et al. Development of the partial least-squares model to determine the soluble solids content of sugarcane billets on an elevator conveyor. **Measurement**, v. 167, p. 107898, 2021.

VÁZQUEZ, Gisele Herbst.; SANCHES, Andréa Cristina. Formas de aplicação de micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2010.

VECHIA, L. D. **Extrato pirolenhoso ajuda campeão da soja**. 2020. Live com o agricultor Laércio Dalla Vechia e equipe da Epb Brasil de 12 de agosto de 2020. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=yuGohP3gKCY>. Acessado em: 10 de abril de 2023.

VELOSO, Marcos Emanuel da Costa. **Avaliação de cultivares de cana-de-açúcar para a agricultura familiar no município de Boa Hora, PI**. Embrapa Meio-Norte, 2018, 57p.

VIEIRA, R. F. et al. **Frutas Nativas da Região Centro – Oeste do Brasil**. Brasília – DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

WU, Qiaomei. et al. Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process. **Bioresource technology**, v. 179, p. 98-103, 2015.

XAVIER, Williams Alves. **Desempenho de variedades de cana-de-açúcar sob efeito residual da calagem**. 2021. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2021.

YARABRASIL. **Princípios Agronômicos da Cana-de-Açúcar**. 2016. Disponível em: <http://www.yarabrasil.com.br/nutricao-plantas/culturas/cana-de-acucar/fatores-chave/principios-agronomicos/>. Acessado em: 13 de abril de 2023.

ZENG, Xu-Peng. et al. Long-term effects of different nitrogen levels on growth, yield, and quality in sugarcane. **Agronomy**, v. 10, n. 3, p. 353, 2020.

ZHANG, Qi. et al. Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. **Energy conversion and management**, v. 48, n. 1, p. 87-92, 2007.