



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

ELENILDO BERNARDO DE OLIVEIRA

**BIOFERTILIZANTE APLICADO À CANA-DE-AÇÚCAR EM ÁREAS DE
TABULEIROS COSTEIROS NA PARAÍBA**

JOÃO PESSOA-PB

2022

ELENILDO BERNARDO DE OLIVEIRA

**BIOFERTILIZANTE APLICADO À CANA-DE-AÇÚCAR EM ÁREAS DE
TABULEIROS COSTEIROS NA PARAÍBA**

Monografia apresentada à Faculdade de
Enfermagem Nova Esperança como parte dos
requisitos exigidos para a conclusão do curso de
Bacharelado em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus

JOÃO PESSOA

2022

O46b

Oliveira, Elenildo Bernardo de
Biofertilizante aplicado à cana-de-açúcar e, áreas de tabuleiros
costeiros na Paraíba / Elenildo Bernardo de Oliveira. – João Pessoa,
2022.

39f.; il.

Orientador: Prof^o. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Índices Agronômicos. 2. Variedades de Cana-de-Açúcar. 3.
Microgeo. 4. Biofertilização. I. Título

CDU: 631

ELENILDO BERNARDO DE OLIVEIRA

**BIOFERTILIZANTE APLICADO À CANA-DE-AÇÚCAR EM ÁREAS DE
TABULEIROS COSTEIROS NA PARAÍBA**

Monografia apresentada à Faculdade de Enfermagem Nova Esperança como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

João Pessoa, 03 de junho de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Kennedy Nascimento de Jesus
FACENE, João pessoa-PB

Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Martins
FACENE, João pessoa-PB

Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira
FACENE, João pessoa-PB

RESUMO

O rendimento da cana-de-açúcar é influenciada por diversos fatores, dentre os quais temos o suprimento nutricional. O fornecimento dos nutrientes geralmente é realizado através de fertilizantes químicos, que é responsável por grandes impactos negativos, quando não utilizados corretamente, tais como: contaminação do solo, do ar e da água. Nesse sentido, umas das alternativas para redução desses produtos é a utilização de biofertilizantes, contribuindo para aumento da produtividade da cana-de-açúcar, de modo sustentável. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de variedades de cana-de-açúcar adubadas com fertilizantes químicos e biológico em solos de tabuleiros costeiros na Paraíba. O experimento foi realizado no Engenho Santa Francisca, zona rural do município de Santa Rita – PB. O estudo foi conduzido nos talhões 222 e 242 da propriedade, com as variedades RB92579 e RB867515, respectivamente, em delineamento em blocos casualizados, contando com dois tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram realizados da seguinte forma: T1 –adubação química (Testemunha) e T2 – adubação química + biofertilizante (Microgeo®). Foram avaliadas as seguintes variáveis: número de perfilhos, altura de planta, comprimento dos entrenós, diâmetro dos colmos, área foliar, índice da área foliar, °Brix e produtividade (ton. ha⁻¹), aos 270 e 365 dias após à aplicação dos tratamentos. A aplicação do adubo biológico (Microgeo®) em solos de Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba resultou em um aumento significativo de números de perfilhos, diâmetro dos colmos, área foliar e produtividade, na var. RB92579; e números de perfilhos, altura de planta e produtividade para a var. RB867515. O presente trabalho evidenciou a eficiência do uso da adubação biológica (Microgeo®) associada à adubação química na cultura da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: índices agrônômicos; variedades de cana-de-açúcar; microgeo; biofertilização.

ABSTRACT

The yield of sugarcane is influenced by several factors, among which we have the nutritional supply. The supply of nutrients is usually carried out through chemical fertilizers, which is responsible for major negative impacts, such as contamination of soil, air and water. In this sense, one of the alternatives for reducing these products is the use of biofertilizer, contributing to an increase in the production and productivity of sugarcane in a sustainable way. The objective was to evaluate the agronomic performance of sugarcane varieties fertilized with chemical and biological fertilizers in coastal tableland soils in Paraíba. The experiment was carried out at Engenho Santa Francisca, located in the rural area of the municipality of Santa Rita - PB. The study will be conducted in plots 222 and 242 of the property, with var. RB 92579 and RB 867515, respectively, in a randomized block design, with two treatments and ten replications. The treatments were performed as follows: T1 –chemical fertilization (Witness) and T2 –chemical fertilization + biofertilizer (Microgeo®). The following variables were evaluated: number of tillers, plant height, internode length, stem diameter, leaf area, leaf area index, °Brix and productivity (ton. ha⁻¹), at 270 and 365 days after application of treatments. The application of biological fertilizer (Microgeo®) in coastal tablelands soils in the state of Paraíba resulted in a significant increase in the number of tillers, average stem diameter, leaf area and productivity for var. RB 92579 and tiller numbers, plant height and productivity for var. RB867515. The present work evidenced the efficiency of the use of biological fertilization (Microgeo®) associated with chemical fertilization in the culture of sugarcane.

Keywords: agronomic indices; sugarcane varieties; microgeo; biofertilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Morfologia da cana-de-açúcar: A) Raízes dos perfilhos da cana-de-açúcar; B) Desenvolvimento das raízes do tolete a partir dos primórdios radiculares; C) Desenvolvimento das raízes adventícias do colmo da cana-de-açúcar, brotação das gemas, emergência dos brotos e formação do sistema radicular; D) Desenvolvimento de brotos a partir das gemas; E) Início do desenvolvimento das raízes do broto (colmo principal) da cana-de-açúcar; F) Perfilhamento da cana-de-açúcar a partir de gemas subterrâneas dos colmos principais; G) Touceira de cana-de-açúcar formada por colmos principais e perfilhos; H) Folha completa da cana-de-açúcar; I) Inflorescência (panícula) da cana-de-açúcar.....	12
Figura 2	A) Fração do colmo (“tolete”); B) detalhe do nó no colmo da cana-de-açúcar e suas partes constituintes.....	13
Figura 3	Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	14
Figura 4	Esquema de numeração de folhas pelo “sistema Kuijper”.....	21

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Resumo da análise de variância para número de perfilhos (P), altura de planta (AP), número de entrenós (NE), diâmetro dos colmos (DC), área foliar (AF), sólidos solúveis (°Brix) e produtividade (PD) de cana-de-açúcar, variedades RB92579 e RB867515, submetida à adubação química e biológica..... 23
- Tabela 2** Número de perfilhos (P), altura de planta (AP), número de entrenós (NE), diâmetro médio do colmo (DC), área foliar (AF), sólidos solúveis (°Brix) e produtividade (PD) de cana-de-açúcar, variedades RB 92579 e RB 867515, submetidas a adubação química e biológico..... 24

LISTA DE ABREVIATURAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
var.	Variedade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	OBJETIVOS.....	8
2.1	OBJETIVO GERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3.1	A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR: DA ORIGEM AO BRASIL.....	9
3.2	IMPORTÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	10
3.3	MORFOLOGIA VEGETAL DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	11
3.4	BIOFERTILIZANTES.....	15
3.5	ÍNDICES AGRONÔMICOS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	17
3.6	CARACTERIZAÇÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS.....	18
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	TIPO DE ESTUDO.....	19
4.2	LOCAL DE ESTUDO.....	19
4.3	POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	19
4.4	CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	20
4.4.1	Número de perfilhos.....	20
4.4.2	Altura de plantas.....	20
4.4.3	Número de entrenós.....	21
4.4.4	Diâmetro médio do colmo.....	21
4.4.5	Área foliar e índice de área foliar.....	21
4.4.6	Sólidos solúveis (°Brix).....	22
4.4.7	Produtividade.....	22
4.5	ANÁLISE DOS DADOS.....	22
5	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	23
6	CONCLUSÃO.....	26
	REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância social e econômica para o Brasil, onde constitui uma importante fonte de empregos diretos e indiretos nas cidades produtoras. Essa cultura possui múltiplos usos, podendo ser destinada para produção de etanol, açúcar e como fonte energética (CONAB, 2021). Além disso, produtos derivados da cana-de-açúcar também são utilizados na alimentação humana (melaço, cachaça, doces, geleias, caldo e rapadura) e animal (silagem) (BELLÉ et al., 2014). O resíduo da fabricação do etanol (vinhaça) também pode ser utilizado na fertirrigação (SOUZA et al., 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo responsável por uma produção de 654.527,8 mil toneladas (safra 2020/21), tendo os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais como os três principais estados produtores, com produções de 354.288,4; 74.039,9 e 70.565,8 mil toneladas, respectivamente. A Paraíba conta com uma produção de 6.242,1 mil toneladas, que representa aproximadamente 1% da área ocupada com a cultura no país (CONAB, 2021).

O rendimento da cana-de-açúcar é influenciada por diversos fatores, dentre os quais temos: tipo de solo, condições climáticas, manejo e tratamentos culturais, além do suprimento nutricional de acordo com as necessidades da cultura (COSTA et al., 2016). O fornecimento de nutrientes para essa cultura geralmente é realizado através de fertilizantes químicos, sendo responsáveis por grandes impactos negativos, quando não utilizados corretamente, tais como: contaminação do solo, ar e água, resultando grande risco ao meio ambiente e até mesmo a saúde humana, salinização, entre outros. Nesse sentido, pesquisadores tem buscado alternativas viáveis, como a utilização de biofertilizantes, que permitem expandir a produção agrícola de modo mais sustentável (MENDONÇA et al., 2016).

Os biofertilizantes apresentam inúmeras vantagens com relação aos fertilizantes químicos, dentre os quais esta o restabelecimento do microbioma do solo, proporcionando mais vida ao solo, contribuindo com a reestruturação biológica, física e química do solo, promovendo maior eficiência no plantio, aumento da produtividade e maior equilíbrio na agricultura (IZUMI et al., 2010). Além disso, os microrganismos contidos nos biofertilizantes também atuam na fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fósforo, produção de hormônios vegetais (fitoestimuladores) e podem melhorar a sanidade da planta dificultando ataque de pragas e doenças (BONFIM e FONTENELLE, 2017).

Pesquisas científicas sobre os biofertilizantes vem avançando significativamente nos últimos anos e novos produtos são testados em associação e/ou substituição aos fertilizantes

químicos, a exemplos do biofertilizante Microgeo®, que tem como função restabelecer o microbioma do solo independente da cultura e do manejo (MICROGEO, 2021). A importância da aplicação desse produto na agricultura para redução do uso de fertilizantes químicos, assim como a sua influência nas características do solo, na nutrição da planta e na produtividade tem sido demonstrado por diversos autores (BELLINI et al., 2013; GARCIA et al., 2015; CARDOSO et al., 2017; ALMEIDA et al., 2018; PINHEIRO et al., 2019).

A tendência é de avanços significativos de estudos nessa área, com objetivo principal de gerar informações para nortear o adequado uso desses compostos, para que a cultura possa expressar o seu potencial máximo, com aumento significativo do lucro e benefícios adicionais ao ambiente agrícola, principalmente com equilíbrio na microbiota do solo.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de variedades de cana-de-açúcar adubadas com fertilizantes químicos e biológico em solos de Tabuleiros Costeiros na Paraíba.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAL

Avaliar o desempenho agronômico de variedades de cana-de-açúcar adubadas com fertilizantes químicos e biológico em solos de Tabuleiros Costeiros na Paraíba.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar as taxas de crescimento na cana-de-açúcar, através de índices biométricos e fisiológicos;

Avaliar a produtividade da cana-de-açúcar, através de índices agronômicos de produtividade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR: DA ORIGEM AO BRASIL

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é oriunda da Oceania (Nova Guiné) e da Ásia (Índia e China) e, em seguida, se difundiu pelo mundo, sendo considerada uma das principais culturas cultivadas no mundo (MAGRO et al., 2011). No Brasil, essa cultura sempre foi um dos principais produtos agrícolas, sendo inicialmente implantada no litoral e, posteriormente, em áreas do interior brasileiro (RODRIGUES e ROSS, 2020).

Em meados de 1753, o botânico sueco Carl Von Linnaeus descreveu duas espécies de cana-de-açúcar, a *Saccharum officinarum* e a *Sacharum spicatum* que, atualmente, são classificadas como *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinensis*, *S. barberi* e *S. robustum*, pertencentes à família Poaceae (MARIN e NASSIF, 2013). As variedades comerciais de cana-de-açúcar cultivadas no Brasil se originaram de cruzamentos entre essas espécies realizados no início do século XX. A *S. officinarum*, que é rica em açúcares, porém mais susceptível a doenças, e a *S. spontaneum*, que é pobre em açúcares, mas é o repositório de genes de resistência e a *S. robustum* que tem alto vigor, alto perfilhamento e alta capacidade de rebrota são utilizadas como base para o melhoramento genético das canas comerciais atuais. Os híbridos oriundos desses cruzamentos possuem capacidade de acumular altos níveis de sacarose no colmo, resistência a doenças, alto vigor e maior tolerância aos fatores climáticos adversos (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2008).

A cana-de-açúcar chegou ao Brasil com o duplo objetivo de produzir açúcar, altamente valorizado na Europa, bem como “ocupar e desenvolver” as “novas terras” portuguesas (CRUZ et al., 2016). Segundo Lempis (1998), o ciclo teve início em 1516, quando foi construído no litoral pernambucano, mais precisamente na ilha de Itamaracá, por Pero Capico, o primeiro engenho brasileiro. Na região Nordeste, essa cultura encontrou características edafoclimáticas favoráveis e expandiu-se rapidamente nessa região, concentrando-se principalmente na Zona da Mata dos atuais estados de Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Alagoas e Bahia, dando assim origem ao ciclo da cana-de-açúcar, sendo à base da economia do Nordeste brasileiro na época (SCHWARTZ, 1988).

De todas as capitânicas, Pernambuco se mostrou a mais bem sucedida, sendo a mesma administrada pelo donatário Duarte Coelho, que tinha a relação facilitada com os nativos através de uma série de uniões, sendo essas valiosas para o sucesso da atividade açucareira. Em 1542, Duarte Coelho informou que havia plantado uma grande área de cana, já em 1550 o mesmo dava conta de 5 engenhos em operação, sendo esses contruídos em uma sólida base

para expansão constante da economia açucareira. Na década de 1580, Pernambuco contava com 66 engenhos em plena atividade e era o principal produtor de açúcar do Brasil. Em meados do século XVI, com a produção açucareira já estabelecida, a econômica do açúcar no Brasil começou a tomar forma e em 1570 a atividade concentrava-se solidamente no Nordeste, tendo Pernambuco e Bahia como responsáveis por 75% da produção brasileira de açúcar (SCHWARTZ, 1988).

No século XVII, a produção de cana-de-açúcar expandiu-se para o Pará e Amazonas, onde os engenhos passaram a ter como principalmente produto à cachaça. Em seguida, os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte passaram a cultivar a cana. A cultura, nesse período, atendia às estratégias de Portugal, associando a ocupação intensa das capitânicas e a produção do açúcar, que era um produto altamente lucrativo, sendo grande parte exportado para Europa (CANABRAVA, 2005).

No século XIX, devido à expansão do cultivo da cana-de-açúcar pelo mundo, houve a redução da importância do Brasil no mercado mundial, comprometendo economicamente essa atividade no país. Neste mesmo período, São Paulo e Rio de Janeiro tornaram-se fornecedores para as regiões Sul e Sudeste. Em 1892, o Instituto Agrônomo, iniciou pesquisas direcionadas a cultura da cana -de-açúcar (MARIN; NASSIF, 2013).

No início do século XX, observou-se um processo de modernização da indústria açucareira, com objetivo aumentar o rendimento da cana-de-açúcar e transformar os velhos engenhos em modernas usinas, possibilitando o processamento centralizado da cana de uma região. Já na primeira década do século XXI, com aumento do preço do petróleo, o etanol ganhou um novo impulso, com a introdução da tecnologia *flex-fuel*, representando um verdadeiro marco para o uso de biocombustíveis no Brasil (CRUZ et al., 2016).

3.2 IMPORTÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar possui uma grande expressão econômica e social no Brasil e no mercado externo, com a geração de empregos e renda em todos os sistemas de produção. Essa cultura é destinada principalmente, para a produção de etanol, açúcar e energia (CONAB, 2021). Também é bastante utilizada para consumo humano, sendo matéria prima para produção de cachaça, doces, geleias, caldo, melado, rapadura e na alimentação animal, através da utilização da forragem (BELLÉ et al., 2014). Os resíduos da moagem (bagaço) podem ser utilizados para geração de energia (SILVA et al., 2020) e da fabricação do etanol (vinhaça) na fertirrigação (SOUZA et al., 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo responsável por uma produção de 654.527,8 mil toneladas (safra 2020/21) em uma área de 8.616,1 mil hectares, destinados à produção de 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol. Os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais são os três principais estados produtores, atualmente, com produções de 354.288,4; 74.039,9 e 70.565,8 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2021).

No Nordeste, os três principais estados produtores são Alagoas, Pernambuco e Paraíba, com produções de 17.003,0; 11.827,4 e 6.242,1 mil toneladas, respectivamente. A Paraíba conta com uma produtividade média de 52.769 kg.ha⁻¹ em uma área de 118,3 mil hectares (safra 2020/21), o que representa aproximadamente 1% da área ocupada com a cultura no país. Quanto a destinação do vegetal colhido, cerca de 17,7% foram para produção de açúcar e 82,3% para o etanol, em razão do cenário econômico favorável para o etanol em relação ao açúcar (CONAB, 2021).

3.3 MORFOLOGIA VEGETAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

Como a maioria das gramíneas (*Poaceae*), a cana-de-açúcar se desenvolve em forma de touceira (conjunto de rebentos de plantas da mesma espécie que nascem muito próximos uns dos outros). A touceira é constituída por biomassa subterrânea e biomassa aérea. A biomassa subterrânea é formada por raízes do tipo adventícias (fasciculadas ou em cabeleira) e rizoma (parte subterrânea e parte aérea), constituídos por nós, internódios ou entrenós e gemas que são responsáveis pela formação dos perfilhos da touceira. A biomassa aérea é formada por colmos, que são segmentados em nós e entrenós, onde está localizada a inserção foliar, podendo os mesmos ser de porte eretos, semi-erectos e decumbentes, sendo a estrutura propagativa (colmo) utilizada para estabelecimento da lavoura. A parte aérea também é composta por folhas completas, compostas por bainha, colar e lâmina foliar, apresentando inserção alternada no colmo, a lâmina foliar é alongada e relativamente plana, possui inflorescência e frutos do tipo cariopse (Figura 1) (MARAFON, 2012).

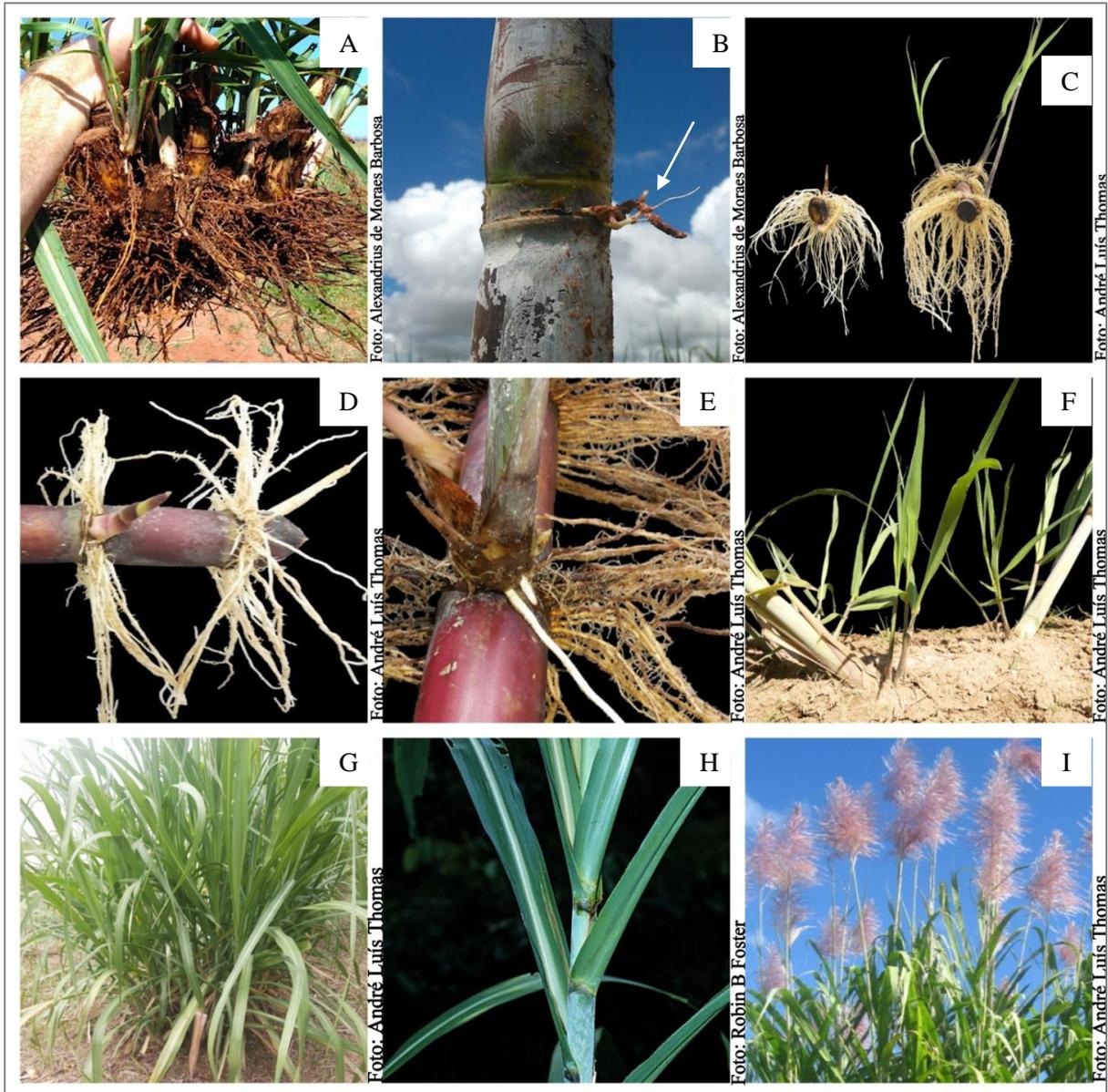


Figura 1. Morfologia da cana-de-açúcar: A) Raízes dos perfilhos da cana-de-açúcar; B) Desenvolvimento das raízes do tolete a partir dos primórdios radiculares; C) Desenvolvimento das raízes adventícias do colmo da cana-de-açúcar, brotação das gemas, emergência dos brotos e formação do sistema radicular; D) Desenvolvimento de brotos a partir das gemas; E) Início do desenvolvimento das raízes do broto (colmo principal) da cana-de-açúcar; F) Perfilhamento da cana-de-açúcar a partir de gemas subterrâneas dos colmos principais; G) Touceira de cana-de-açúcar formada por colmos principais e perfilhos; H) Folha completa da cana-de-açúcar; I) Inflorescência (panícula) da cana-de-açúcar. Fotos: Alexandrius M. Barbosa; André L. Thomas e Robin B. Foster.

A propagação comercial da cana-de-açúcar é vegetativa (assexuada), através de frações do colmo maduro (denominado “tolete”), contendo 3-4 gemas viáveis e capazes de formar uma nova planta. Os toletes devem ser provenientes de canaviais bem nutridos e com bom estado sanitário. Os constituintes do nó são: a gema, o anel de crescimento, a cicatriz foliar e a zona

radicular (Figura 2). Os primórdios foliares e radiculares presentes ao longo da circunferência do nó do colmo originam a parte aérea e conjunto de raízes que oferecem sustentação física e suplementam a plântula com água e nutrientes, respectivamente (AUDE, 1993).

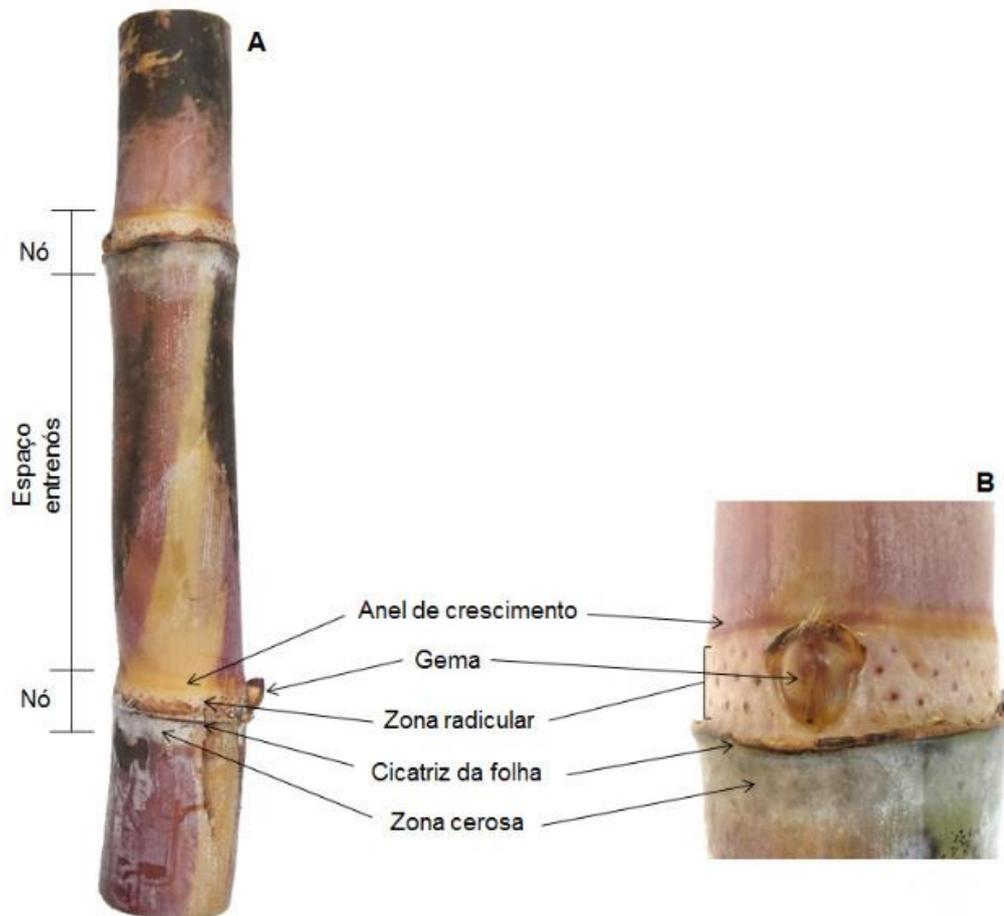


Figura 2. (A) Fração do colmo (tolete); (B) detalhe do Nó no colmo da cana-de-açúcar e suas partes constituintes. Foto: André Luís Thomas.

Na Figura 3 encontra-se o esquema dos quatro estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar, que são os seguintes: 1) emergência (do plantio à brotação das gemas); 2) perfilhamento (da brotação das gemas ao final do perfilhamento); 3) crescimento da parte aérea (do final do perfilhamento ao início da acumulação de açúcares) e maturação (do início da acumulação dos açúcares à maturação) (GASCHO e SHIH, 1983).

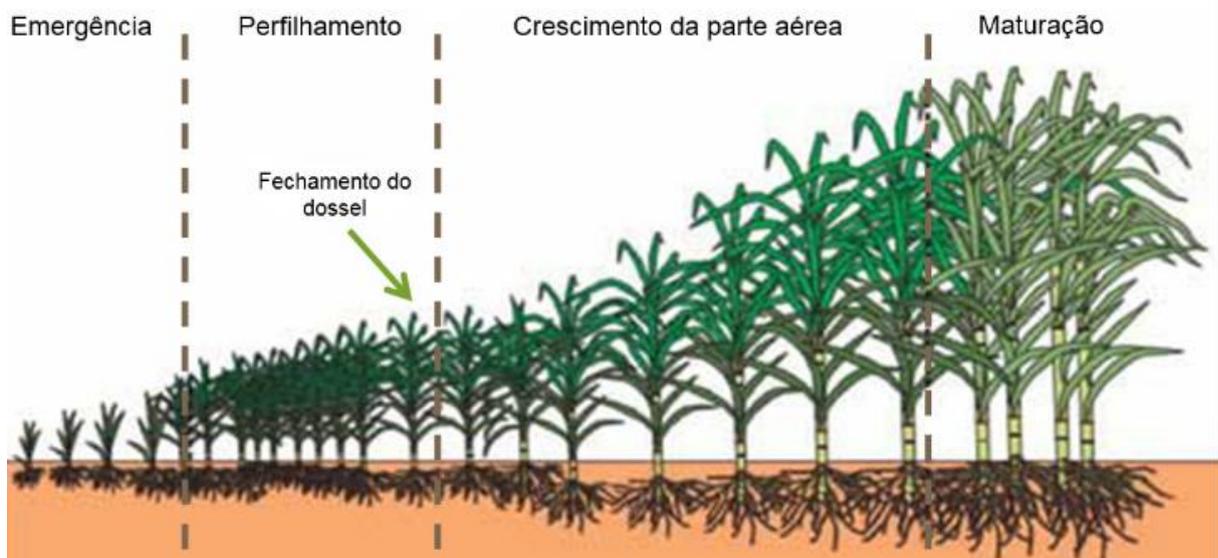


Figura 3. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Fonte: YARABRASIL, 2016.

Na emergência os brotos rompem as folhas da gema e se desenvolvem rumo à superfície do solo e de forma simultânea a esse processo, surgem as raízes adventícias a partir do colmo (tolete), em média de 20 a 30 dias após o plantio (BARBOSA, 2010). Os toletes devem ser provenientes de canaviais com boa sanidade, livre de doenças/pragas e bem nutridos, especialmente com nitrogênio, pois aceleram a brotação das gemas (AUDE, 1993).

No perfilhamento ocorre a emissão de vários colmos por uma mesma planta e esses são denominados perfilhos. Para que os perfilhos se desenvolvam com a mesma idade, o perfilhamento deve ocorrer de forma intensa no período de 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário (CASAGRANDE, 1991).

O crescimento da parte aérea é estimulado pela intensidade luminosa do ambiente, além da umidade relativa do ar e de temperaturas mais elevadas, fazendo com que a cana desenvolva-se vegetativamente e inicie o acúmulo de açúcares na base do colmo. Concomitantemente, o sistema radicular torna-se mais intenso e as folhas mais velhas presentes na parte basal do colmo começam a ficar amareladas e secam (BATISTA, 2013).

O processo de maturação pode ser definido como o processo fisiológico que envolve a formação de açúcares nas folhas e seu transporte e armazenamento no colmo, sendo possível observar o amarelecimento e consequente desidratação (secagem) das folhas na altura mediana da planta (WATT et al., 2014). A maturação é influenciada por fatores de clima, solo, cultivares e estado sanitário do canavial (AUDE, 1993).

3.4 BIOFERTILIZANTES

Para obtenção de uma alta produção, é indispensável a adoção de práticas agronômicas apropriadas, como o adequado manejo nutricional, sendo esse um dos fatores que mais afetam a produtividade da cana-de-açúcar e manutenção das socas) (ISMAIL et al., 2016). No geral, a cana-de-açúcar por produzir grande quantidade de biomassa, extrai do solo e acumula na planta grande quantidade de nutrientes. Com isso, deve-se conhecer a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo, e caso seja necessário, complementá-la com aplicação de fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2007). Com isso, umas das maiores preocupações está relacionado ao uso excessivo desses produtos, principalmente os químicos, dos custos desses fertilizantes e dos impactos negativos que esses podem causar ao meio ambiente (GUAZZELLI et al., 2012).

Apesar da importância na produção agrícola, o uso de fertilizantes químicos convencionais quando não manejados de forma adequada, ou seja, quando não respeitadas as recomendações técnicas de acordo com análise do solo e necessidade da cultura, podem resultar em grandes impactos negativos, tais como: a contaminação do solo, do ar e da água, resultando na degradação do meio ambiente e conseqüentemente, trazendo riscos a saúde humana. Nesse sentido, os biofertilizantes surgem como alternativa ao uso dos fertilizantes químicos convencionais, com objetivo de aumentar a eficiência agrícola e sustentabilidade do sistema (MENDONÇA et al., 2016).

Os biofertilizantes, de acordo com Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011, são definidos como produtos que contém componentes ativos ou agentes biológicos, capazes de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e que seja isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (MAPA, 2012).

Os biofertilizantes são produzidos a partir material orgânico (vegetais e/ou animais) que passam por um processo de fermentação, formando um líquido rico em macronutrientes e micronutrientes e microrganismos benéficos, que vão variar de acordo com a forma de preparo e da matéria-prima utilizada. Esses microrganismos auxiliam no processo de fermentação do biofertilizante e ao adicionar o produto no solo, aumenta a população benéfica nesse habitat (BONFIM e FONTENELLE, 2017). O processo de fermentação pode ser aeróbica ou anaeróbica e possuem composição microbiana variável de acordo com o material utilizado (BERNARDO e BETTIOL, 2010).

Esses compostos vem apresentado resultados satisfatórios, capazes de potencializar o crescimento da planta e trazer inúmeros benefícios na área de produção (MENDONÇA et al.,

2016). Um dos benefícios do uso dos biofertilizantes em relação aos fertilizantes químicos tradicionais é favorecer a multiplicação de microrganismos benéficos, propiciando mais vida ao solo, contribuindo com a reestruturação biológica, física e química do solo, propiciando um maior desenvolvimento as plantas e promovendo um maior equilíbrio na agricultura, por meio da diversidade biológica (IZUMI et al., 2010). Além disso, os microrganismos contidos nos biofertilizantes também atuam na fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfato, produção de hormônios vegetais (fitoestimuladores) e podem melhorar a sanidade da planta, dificultando o ataque de pragas e doenças (BONFIM e FONTENELLE, 2017), podendo ser utilizado tanto em sistemas de cultivo convencionais, quanto nos sistemas orgânicos de produção, e em qualquer cultura (SILVA et al., 2007).

Dentre os vários produtos encontrados no mercado, a biofertilizante Microgeo[®] tem como função restabelecer o microbioma do solo, independente da cultura e do manejo adotado. É um produto que repõe a biodiversidade dos microrganismos no sistema agrícola, trazendo inúmeros benefícios na bioestruturação física do solo (agregação do solo, descompactação do solo, maior infiltração, retenção da água e menor erosão do solo), maior eficiência nutricional para planta (maior enraizamento, maior eficiência dos fertilizantes, biossolubilização dos minerais e ciclagem de matéria orgânica), saúde ecológica do solo e da planta (redução de danos por doenças com solo supressivo, indução de resistência vegetal e efeito sinérgico com defensivos e herbicida), proporcionando maior produtividade e lucrabilidade ao produtor (MICROGEO, 2021).

Pesquisas têm demonstrado a importância da aplicação desse produto na agricultura para redução e/ou associação com o uso de fertilizantes químicos, assim como a sua influência nas características do solo, na nutrição das plantas e na produtividade das culturas. Bellini et al. (2013) observaram que a aplicação do biofertilizante (Microgeo[®]), preparado com o uso de esterco bovino e água, contribuiu para manutenção do pH do solo após a colheita do arroz, assim como para a disponibilidade de P e para o incremento de matéria orgânica no solo. Garcia et al. (2015), ao aplicar o Microgeo[®] na cultura do café, no início das chuvas, durante vários anos, constataram que houve um aumento na disponibilização de P, reduzindo a demanda desse macronutriente nos anos seguintes.

Cardoso et al. (2017) demonstraram os efeitos benéficos da aplicação do Microgeo[®] na alfaca, com aumento significativo do diâmetro do caule, número de folhas e comprimento do sistema radicular, além de um aumento de 77% na produção de matéria fresca. Já Almeida et al. (2018), constataram que o uso do Microgeo[®] não proporcionou benefícios extras para os parâmetros avaliados de qualidade de grãos e sementes. No entanto, o uso da biofertilização

proporcionou um aumento na produtividade de grãos. De acordo com os autores esses resultados são positivos e promissores, considerando ser o primeiro ano de aplicação, sendo esperado um aumento significativo do rendimento nos próximos anos.

Pinheiro et al. (2019), com objetivo de verificar a possibilidade de redução da adubação química com o uso de biofertilizantes (esterco bovino, água e o produto comercial Microgeo®) e sua influência nas características químicas do solo, nutrição foliar e na produtividade na cultura do milho, observaram que a aplicação do biofertilizante via solo permite melhorar o estado nutricional e produtivo da cultura do milho, em plantio direto no Cerrado, com reflexos positivos na melhora da fertilidade do solo.

3.5 ÍNDICES AGRONÔMICOS NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A crescente importância da cultura da cana-de-açúcar resultou em aumento das pesquisas por meio de modelos de crescimento da cultura, os quais estão largamente difundidos pelo mundo. No Brasil, modelos de crescimento aplicados às culturas são amplamente utilizados, no entanto, muitas das vezes existe uma falta de padronização nas metodologias empregadas para coleta de dados no campo. No geral, para a cultura da cana-de-açúcar, várias variáveis precisam ser monitoradas e, por ter ciclo relativamente longo, tais observações são mais complicadas. Estudos dos ciclos de desenvolvimento e crescimento das culturas são considerados de fundamental importância em avaliações dentro de um talhão, sendo estas realizadas com frequência determinada, monitorando características específicas de cada planta (NASSIF et al., 2013).

As características como altura de plantas, diâmetro de colmo, perfilhamento, área foliar, produção de colmos, são índices de crescimento da planta e estão diretamente ligadas com a produtividade da cultura (OLIVEIRA et al., 2011). A altura de planta e diâmetro de colmo estão ligados ao acúmulo de sacarose, sendo muito importante devido ao armazenamento nas células do parênquima presente no colmo. A formação de perfilhos é importante devido à contribuição à produtividade da cultura, pois o número de colmos por m² no momento da colheita é dependente do perfilhamento (MARAFON, 2012). Já a área foliar de folhas verdes é determinante na produtividade da cana-de-açúcar, pois folhas pouco desenvolvidas tendem a interceptar menos luz, com isso, menor atividade fotossintética e consequentemente uma redução de biomassa (TAIZ et al., 2017).

3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS TABULEIROS COSTEIROS

Os solos dos Tabuleiros costeiros apresentam grande importância social e econômica para grande maioria dos estados do Nordeste: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, devido principalmente as grandes concentrações urbanas, preferencialmente estabelecidas sobre esses solos, por conta da proximidade com o litoral; pela ampla diversidade de explorações agrícolas concentradas nesses solos, que são naturalmente profundos e bem desenvolvidos e, por conta da ampla infra-estrutura de transporte rodoviário e de terminais marítimos para escoamento da produção estabelecidas nessas áreas; e por abrigar ainda parte da Mata Atlântica ainda existente no país (CINTRA e LIBARDI, 1998). Grande parte da produção de cana-de-açúcar na Paraíba está concentrada nos tabuleiros costeiros do Estado (CONAB, 2021).

Os Tabuleiros costeiros acompanham o litoral de todo o Nordeste, apresentando um clima caracterizado pela distribuição moderada das chuvas, as quais estão concentradas em cerca de 80% em um período entre cinco e seis meses contínuos do ano (CINTRA e LIBARDI, 1998) com variação de 1.000 a 1.800 mm.ano⁻¹, em grande parte, distribuídas de fevereiro a agosto (FRANCISCO et al., 2015). Estão assentados sobre sedimentos cujo desenvolvimento pedogenético proporcionou a formação dominante de Argissolos Amarelos (PA), Acinzentados (PAC) e Vermelho-Amarelos (PVA) (COSTA et al., 2015).

Os tabuleiros apresentam topografia plana (0-3%) a suave ondulada (3-8%) e de baixa altitude, com declividade média inferior a 10%; os solos são profundos, mas apresentam baixa fertilidade natural, devido à lixiviação aliada à erosão (FREITAS et al., 2013). Apesar da baixa fertilidade dos solos, através da correção e adubação, estas áreas são hoje amplamente ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar, além de abacaxi, inhame e mandioca (FRANCISCO et al., 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE ESTUDO

Com o intuito de avaliar o desempenho agronômico de variedades de cana-de-açúcar adubadas com fertilizantes químicos e biológico em solos de Tabuleiros Costeiros na Paraíba, foi conduzido um trabalho de campo. A pesquisa foi caracterizada, quanto aos seus objetivos como experimental, e, quanto aos procedimentos técnicos adotados e à forma de coleta de dados, como um estudo de caso (GIL, 2007).

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), esse tipo de pesquisa consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume relevantes, para analisá-los.

4.2 LOCAL DE ESTUDO

O experimento foi conduzido no Engenho Santa Francisca, localizado na Zona Rural do Município de Santa Rita, no Estado da Paraíba - PB, Brasil, entre os paralelos 7° 6' 59" S e os meridianos 34° 58' 52" W, a 26 m de altitude.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As', quente e úmido, com temperatura média de 27,5°C, máxima de 32 °C e mínima de 23°C, apresentando 1.480,7 mm de pluviosidade média anual, com maiores índices nos meses de março, abril, maio, junho e julho. Os solos predominantes na região são os Latossolos (L) e os Argissolos (P) (EMBRAPA, 2006).

4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em arranjo fatorial $(2 \times 2) + 1$, correspondendo a duas variedades de cana-de-açúcar (RB92579 e RB867515), dois fertilizantes (adubo químico e biológico (Microgeo[®]) e um controle (cana adubada apenas com fertilizante químico). Foram demarcados quatro blocos, divididos em 10 parcelas com dimensões de 7,2 x 10 m (72 m²). Foram avaliadas 10 metros lineares por parcela.

4.4 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em talhões de socaria, sendo o mesmo implantado no dia 15 de dezembro do 2020. Foi realizada aplicação de 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante químico NPK na formulação 15-05-20, de acordo com a recomendação baseada na análise química do solo. O biofertilizante (Microgeo[®]) foi aplicado na dose de 300 l. ha⁻¹ seguindo as recomendações do fabricante, em pulverização junto com o herbicida de pré-emergência.

Foram avaliados 1 m linear dentro de cada parcela experimental (tratamentos). As avaliações foram realizadas aos 270 e 365 dias após aplicação dos tratamentos. Foram realizadas avaliações das seguintes variáveis: Número de perfilhos, altura de planta (m), comprimento dos entrenós (cm), diâmetro dos colmos (mm), área foliar, °brix e produtividade (ton. ha⁻¹).

4.4.1 Número de perfilhos (P)

A contagem do número de perfilhos foi feita de maneira direta, nas plantas contidas em 2 (duas) linhas com 5 m cada, dentro de cada parcela experimental, através da visualização dos mesmos (AQUINO e MEDINA, 2014).

4.4.2 Altura de plantas (AP)

Foi obtida através das medições das plantas contidas em 1 metro linear de cada parcela experimental. As medições foram feitas desde a superfície do solo até a folha +1, com auxílio de uma trena (COSTA et al., 2011). Os dados foram obtidos em metro. De acordo com Marafon (2012), as folhas da cana-de-açúcar podem ser ordenadas através do “sistema de Kuijper” que pode auxiliar nos estudos de crescimento e de nutrição. Ordenadas de cima para baixo, a folha de inserção mais alta, que se encontra completamente aberta e apresenta a primeira aurícula visível recebe a denominação de folha +1, conhecida como TVD ("top visible dewlap"). Abaixo dela, as folhas recebem sucessivamente, os números +2, +3 e +4 (Figura 5).

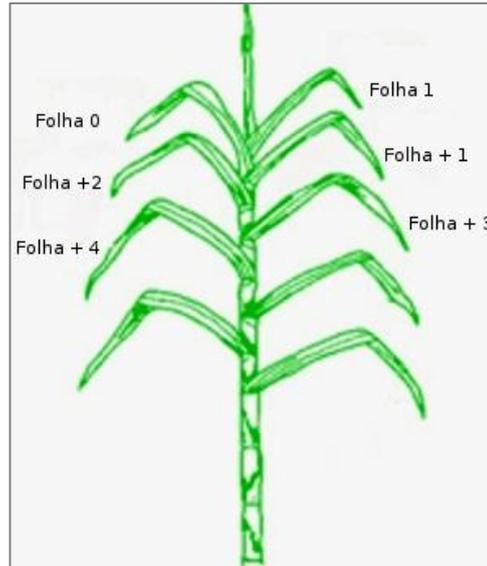


Figura 4. Esquema de numeração de folhas pelo sistema de Kuijper. Fonte: DILLEWIJN, 1952.

4.4.3 Número de entrenós (NE)

Foi realizada a contagem de cada um dos entrenós das plantas existentes em 1m linear, selecionados ao acaso na área útil das parcelas (VELINI et al., 2000).

4.4.4 Diâmetro do colmos (DC)

Nas mesmas plantas demarcadas para as medições de altura de planta, foi realizada a medida do diâmetro do colmo. O diâmetro médio do colmo foi mensurado com auxílio de um paquímetro digital, com base na amostragem de 3 pontos de cada colmo das plantas contidas em 1 m linear. Os dados foram obtidos em milímetros (OLIVEIRA et al., 2014).

4.4.5 Área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF)

A área foliar (AF) foi obtida por meio da coleta da folha TVD ("top visible dewlap") ou folha +1 (Figura 5) de cada perfilho das plantas demarcadas para a medida de altura e diâmetro do colmo, contidas nas 2 linhas da área útil da parcela, com 5 m de distância (parcela) e, posteriormente, foi realizada as medições do comprimento e largura.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela equação 1, proposta por Aquino e Medina, (2014):

$$\text{IAF} = \text{NP} \times \text{AF/S} \quad [\text{Equação 1}]$$

Em que: NP corresponde ao número de perfilhos (m); AF é a área foliar por perfilho (m^2); e S é a área do terreno, em m^2 , utilizada para a avaliação.

4.4.6 Sólidos Solúveis (°Brix)

Nas plantas demarcadas para realização da altura, diâmetro do colmo e índice de área foliar, foi realizado a leitura de °Brix (teor de sólidos solúveis) no sétimo colmo descente com auxílio de um refractômetro de campo (CAPONE et al., 2011).

4.4.7 Produtividade (PD)

O rendimento da cultura da cana-de-açúcar foi expresso em tonelada de cana por hectare ($ton. ha^{-1}$). O mesmo foi determinado no momento da colheita com auxílio de uma balança industrial, para realização da pesagem das plantas presentes nas parcelas experimentais, com valores adquiridos em quilogramas (kg) e posteriormente aplicados na equação 2, de acordo com Mariotti e Lascano (1969) apud. Arizono et al., (1998), conforme descrita a seguir:

$$TCH = MTP \times 10 / AUP \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde: TCH é tonelada de cana por hectare; MTP é a massa total da parcela (kg); AUP é a área útil da parcela (m^2).

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de hipóteses, utilizando-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2019), para verificar se apresentam distribuição normal e atendem aos critérios necessários para aplicação de um teste paramétrico. Uma vez constatada a normalidade dos dados, pelo teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO e WILK, 1965), os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com aplicação do teste F, e os valores médios, quando significativos, foram comparados pelo teste de Scott-Knott (SCOTT-KNOTT, 1974) ao nível de 5% ($P < 0,05$) de significância. No caso em que a normalidade não foi verificada, os dados foram transformados através do software estatístico para aplicação de teste paramétrico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve melhoria significativa sobre a maioria das variáveis avaliadas com uso da adubação biológica (Microgeo[®]) associada à adubação química para duas variedades de cana-de-açúcar (RB92579 e RB867515). Para a var. RB92579, verificou-se diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,01$) para variáveis números de perfilhos, diâmetro do colmo, área foliar e produtividade com aplicação do adubo químico e biológico. Constatou-se também diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$) para altura de planta ao utilizar os dois fertilizantes. Com relação a var. RB867515, houve diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,01$) para variáveis números de perfilhos, altura de planta e produtividade com aplicação do adubo químico e biológico. Observou-se também diferença significativa pelo teste F ($p \leq 0,05$) para número de entrenós ao utilizar a adubação química e biológica. (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para número de perfilhos (P), altura de planta (AP), número de entrenós (NE), diâmetro médio do colmo (DC), área foliar (AF), sólidos solúveis (°Brix) e produtividade (PD) de cana-de-açúcar, variedades RB92579 e RB867515, submetida à adubação química e biológica.

RB92579								
FV	GL	P	AP	NE	DC	AF	°Brix	PD
Trat.	1	24,64**	0,059*	2,145 ^{ns}	17,447**	0,459**	0,018 ^{ns}	127,87**
Blocos	9	1,205 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,353 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,722 ^{ns}	0,087 ^{ns}
Resíduo	9	0,681	0,009	0,949	0,761	0,010	0,871	0,091
Total	19							
CV (%)		3,5	3,5	6,1	2,9	6,0	3,0	0,3
RB867515								
FV	GL	P	AP	NE	DC	AF	°Brix	PD
Trat.	1	18,050**	0,065**	0,406*	0,578 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,512 ^{ns}	150,75**
Blocos	9	3,566*	0,006 ^{ns}	0,471**	1,355 ^{ns}	0,010 ^{ns}	1,186 ^{ns}	0,544 ^{ns}
Resíduo	9	1,037	0,004	0,057	0,882	0,041	1,374	0,547
Total	19							
CV (%)		3,5	2,1	1,4	3,1	10,2	3,8	0,7

^{ns}, **, * = não significativo, significativo a 1 e 5% respectivamente pelo teste F. Trat. = tratamento.

Para número de perfilhos (P), altura de planta (AP), diâmetro médio do colmo (DC) e área foliar (AF) de cana-de-açúcar, var. RB92579, a aplicação do tratamento T2 (Adubo químico + Microgeo[®]), resultou no melhor desenvolvimento das plantas, com incremento de 13%, 5,8%, 9,0% e 22,9%, respectivamente, quando comparado com o tratamento T1 (controle). Para a variável produtividade, o tratamento T2 também proporcionou o maior incremento, com valores médios de 66,73 ton.ha⁻¹, diferindo estatisticamente do tratamento T1 (controle). Observou-se incremento de 7,6 % com aplicação do tratamento T2 em comparação

ao controle. Para números de entrenós (NE) e sólidos solúveis (°Brix) não houve diferença entre os tratamentos (Figura 2).

Para a var. RB867515, a aplicação do tratamento T2 (Adubo químico + Microgeo®) resultou em maiores médias para variáveis número de perfilhos (P), altura de planta (AP), número de entrenós (NE) e produtividade (PD), diferindo dos tratamento T1 (controle), com incremento de 9,3%, 5,7%, 1,8% 8,0%, respectivamente, com aplicação do tratamento T2 em comparação ao T1. Para diâmetro médio do colmo (DC), área foliar (AF) e sólidos solúveis (°Brix) não houve diferença entre os tratamentos (Figura 2).

Tabela 2. Número de perfilhos (P), altura de planta (AP), número de entrenós (NE), diâmetro médio do colmo (DC), área foliar (AF), sólidos solúveis (°Brix) e produtividade (PD) de cana-de-açúcar, variedades RB 92579 e RB 867515, submetidas a adubação química e biológica.

RB 92579							
Tratamentos	Variáveis						
	P	AP (m)	NE (und)	DC (mm)	AF	°Brix	PD (t.ha ⁻¹)
T1	14,6 b	1,79 b	10,4 a	19,1 b	1,01 b	21,1 a	61,67 b
T2	16,8 a	1,90 a	11,0 a	21,0 a	1,31 a	21,1 a	66,73 a
RB 867515							
Tratamentos	Variáveis						
	P	AP (m)	NE (und)	DC (mm)	AF	°Brix	PD (t.ha ⁻¹)
T1	18,5 b	1,98 b	11,7 b	20,3 a	1,28 a	20,6 a	63,5 b
T2	20,4 a	2,10 a	11,9 a	20,6 a	1,40 a	20,3 a	69,0 a

Médias com letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Tratamentos: T1 – Adubo químico (Controle); T2 – Adubo químico + Microgeo®.

Embora não tenha sido observado resultado significativo, para variáveis de número entrenós (RB92579), diâmetro médio do colmo e área foliar (RB867515), houve aumento dos valores com uso da adubação biológica (Microgeo®) associada à adubação química.

A aplicação de fertilizantes é uma das práticas agrícolas mais comuns usadas para aumentar o rendimento das culturas (LIU et al., 2021). A adubação na cultura da cana-de-açúcar mostra-se essencial para atingir uma boa produção, tendo em vista a exigência nutricional da planta (CARDOSO et al., 2021). Com isso, é necessário um manejo adequado da nutrição, a fim de obter o máximo ganho da cultura (OLIVEIRA et al., 2007). Embora a eficiência do uso de fertilizantes químicos para aumentar o rendimento das culturas, o uso inadequado resulta em vários problemas ambientais, como perda de matéria orgânica do solo, baixa fertilidade do solo, ineficiência de nutrientes e degradação da qualidade do solo, resultando em uma redução significativa da produção (QIAN et al., 2016). A utilização do Microgeo® permite a bioestruturação física do solo, eficiência nutricional (maior eficiência dos fertilizantes, biossolubilização dos minerais, ciclagem da matéria orgânica) e microbioma do solo ativo e

diverso, resultando, resultando em uma maior produtividade (MICROGEO, 2021).

O uso da adubação biológica associada à adubação química com intuito de promover uma produção sustentável tem sido objetivo de inúmeras pesquisas. Franco (2009) verificou acréscimos significativos para o teor de sólidos solúveis e produtividade da cana-de-açúcar com aplicação do adubo biológico Microgeo[®]. Liu et al., (2021) observaram aumento de 3 a 12% da produtividade ao adicionar adubo biológico no sistema de produção da cana-de-açúcar. Além disso, também verificaram que o uso de adubo biológico resultou em maiores médias de altura da planta, peso do caule e diâmetro do caule da cana-de-açúcar, corroborando com os resultados observados no presente trabalho e evidenciando a importância do uso de adubo biológico ao sistema de plantio.

A aplicação do biofertilizante Microgeo[®] vem também proporcionando um aumento significativo no crescimento e desenvolvimento de outras culturas, a exemplo de arroz (BELLINI et al., 2013), café (GARCIA et al., 2015), alface (CARDOSO et al., 2017) e milho (PINHEIRO et al., 2019).

Os resultados obtidos através desse estudo comprovam a eficiência da incorporação do biofertilizante Microgeo[®] ao cultivo de cana-de-açúcar, refletindo diretamente no desenvolvimento da parte aérea da planta, produtividade e lucratividade de maneira sustentável. Isso pode ser atribuído a melhoria da estrutura do solo, restabelecimento do microbioma do solo, tornando diverso e ativo e/ou pelo fornecimento de uma nutrição equilibrada, promovendo benefícios multifuncionais, independente da cultura e do ambiente utilizado (MICROGEO, 2019).

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho evidenciou a eficiência do uso da adubação biológica (Microgeo[®]) associada à adubação química na cultura da cana-de-açúcar, tendo em vista o aumento significativo do desenvolvimento da parte aérea das plantas e da produtividade da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, et al., Biofertilizer Microgeo® on rice crop: Yield and seed quality. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 288, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n5p288>.
- AQUINO, G. S; e MEDINA, C. C. Produtividade e índices biométricos e fisiológicos de cana-de-açúcar cultivada sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 173-180, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000300003>.
- AUDE, M. I. D. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência rural**, v. 23, n. 2, p. 241-248, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84781993000200022>.
- BARBOSA, F. S. **Resistência à seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo**. 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2010.
- BATISTA, L. M. T. **Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos**. 2013. 125p. (Dissertação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 2013.
- BELLÉ, *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. Disponível em: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/84286>.
- BELLINI, *et al.* Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos de solo de uma área cultivada com arroz (*Oryza sativa*). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 6, n. 2, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2013v6n2p%25p>.
- BERNARDO, E. R. A.; BETTIOL, W. Controle da pinta preta dos frutos cítricos em cultivo orgânico com agentes de biocontrole e produtos alternativos. **Tropical Plant Pathology**, v.35, p.37-42, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762010000100006>.
- BONFIM, C. A.; FONTENELLE, M. R. Microrganismos benéficos em biofertilizantes. **Embrapa Hortaliças-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2017.
- CANABRAVA, A.P. **História econômica: estudos e pesquisas**. Unesp, 2005.785p. Disponível:https://www.google.com.br/books/edition/Hist%C3%B3ria_econ%C3%B3mica/j7lm959PXcC?hl=ptBR&gbpv=1&dq=Hist%C3%B3ria+econ%C3%B4mica:+estudos+e+pesquisas.
- CAPONE, *et al.* Avaliação do comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar na Região Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 3, p. 72-80, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v2n3.capone>.
- CARDOSO, B. C. *et al.*, Rendimento de cana-de-açúcar e graus Brix em função de diferentes

formas de adubação. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 4, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/14420211265>.

CARDOSO, *et al.* Desenvolvimento de alface submetida à adubação com Microgeo®. **Revista Mirante**, v. 10, n. 2, p. 43-53, 2017. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/6408>.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L. Caracterização física de uma classe de solo do ecossistema do Tabuleiro Costeiro. **Scientia Agricola**, v. 55, n. 3, p. 367-378, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000300004>.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série Histórica das Safras**. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 30 de Setembro de 2021.

COSTA, *et al.* Aplicação de torta de filtro no sulco de plantio sobre o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.10, n.6, p.1-7, 2016.

COSTA, *et al.* Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1931>.

COSTA, *et al.* Estudo dos Solos do Estado da Paraíba em nível exploratório-reconhecimento. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. **Anais...**, Natal/RN. 2015. Disponível em: <https://www.sbcs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/12.pdf>.

CRUZ, *et al.* **Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. São Paulo: Blucher. 2016, 225p. Disponível em: <chrome-extension://oemmdcbldboiebnladdacbfmadadm/http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/openaccess/9788521210627/completo.pdf>.

DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS: Sisvar. **Revista Brasileira de Biometria**, n. 37, v. 4, p. 529-535, 2019.

FRANCISCO, *et al.* Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150049>.

FRANCO, P. H. S. **Influência da aplicação de micronutrientes via tolete e foliar e debiofertilizante Microgeo® via solo na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**.

(Monografia) – Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, 2009. Disponível em: http://www.microgeo.com.br/app/webroot/img/textos/Monografia__Pedro_Henrique_S._Franco.pdf.

FREITAS, *et al.* Caracterização geomorfológica com enfoque pedológico e análise da rede de drenagem da área correspondente à Folha Alhandra 1: 25.000-estados da Paraíba e Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 2013. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-215X2013000100004.

GARCIA, *et al.*, Efeito do adubo biológico microgeo® na dinâmica do fósforo, na cultura do café. In: 41º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. **Anais...**, 2015. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/7097>.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEERE, I.D., PEET, M.M. **Crop-water relations**. New York: A Wiley Interscience, 1983, p. 445-479.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 171 p.

GUZZELLI, *et al.*, **Biofertilizante**. Programa de fortalecimento da viticultura familiar da serra gaúcha. Grafisul. Publicação técnica 1, 2012.

ISMAIL, *et al.*, Response of sugarcane to different doses of Zn at various growth stages. **Pure and Applied Biology**, v.5, n.2, p.311-316, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2016.50040>.

IZUMI, *et al.*, Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 64, p. 601-608, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.06.013>.

LEMPS, A. H. As bebidas coloniais e a rápida expansão do açúcar. **História da alimentação**, p.611-624, 1998.

LIU, Q. *et al.*, Bio-fertilizer Affects Structural Dynamics, Function, and Network Patterns of the Sugarcane Rhizospheric Microbiota. **Microbial ecology**, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01932-3>.

MAGRO, *et al.* Biometria em cana-de-açúcar. Produção Vegetal, ESALQ, Piracicaba, 2011. 18p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012) Instrução Normativa MAPA nº 46 de 06/10/2011 - Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Disponível em: <<https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=78910>>. Acessado em: 12 de Novembro de 2021.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E), 2012. 29p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARIN, F; NASSIF, D. S. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 232-239, 2013. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000200015>.

MARIOTTI, J.A.; LASCANO, O.G. Estudios de muestro para la evaluacion del rendimiento de la caña de azucar. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, v. 46, n.2, p. 37-44, 1969.

MENDONÇA, *et al.*, Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de biofertilizante da bovinocultura e ureia. **Revista em agronegócio e meio ambiente**, 9(4), 973-987, 2016. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n4p973-987>

MICROGEO. **Microbioma**. Ebook 06/2021. Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F219910%2F1627050358ebook_microbioma_do_solo__microgeo__4.pdf>. Acesso em Novembro de 2021.

MICROGEO. **Recomendações e Resultados científicos**. Ebook 02/2019. Disponível em: <<http://www.microgeo.com.br/pesquisa/>>. Acesso em Abril de 2021.

NASSIF, *et al.* **Padrões mínimos para coleta de dados experimentais para estudos sobre crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2013. 28p.

Oliveira, A. R. *et al.* Produção de biomassa de cana-de-açúcar no Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

OLIVEIRA, *et al.* Crescimento e produção de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e estresse hídrico. **Revista Trópica—Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 1, p. 56, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.0000/rtcab.v5i1.305>.

OLIVEIRA, *et al.* Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.

PINHEIRO, *et al.* Adubação biológica associada a adubação química nos parâmetros de solo, nutricional e produtivo do milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 04, p. 9-20, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i04.8459>.

QIAN, L. *et al.*, Novel alleviation mechanisms of aluminum phytotoxicity via released biosilicon from rice straw-derived biochars. **Scientific Reports**, v. 6, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/srep29346>.

RODRIGUES, G. S. D. S. C; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. EDUFU, 2020. 272p. Disponível em: http://www.edufu.ufu.br/sites/edufu.ufu.br/files/edufu_a_trajetoria_da_cana-de-acucar_no_brasil_2020_ficha_corrigida.pdf.

SCARPARI, M. S; BEAUCLAIR, E. G. F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA,

L. L. *et al.* **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 882p.

SCHWARTZ, S. B. **Segredos internos: engenhos e escravos na sociedade colonial 1550-1835** (v. 456). São Paulo: Companhia das Letras, 1988. 463p. Disponível em: <https://oportuguesdobrasil.files.wordpress.com/2016/04/segredos-internos-engenhos-e-escravos-na-sociedade-colonial-stuart-b-schwartz.pdf>.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Bio-metrika**, v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965.

SILVA, A. F. *et al.* Preparo e Uso de Biofertilizantes Líquidos. Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico, 2007.

SILVA, W. K. M. *et al.* Sustainable enhancement of sugarcane fertilization for energy purposes in hot climates. **Renewable Energy**, v. 159, p. 547-552, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.178>.

SOUZA, J. K. C. *et al.*, Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 7-12, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i2.532>.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

VELINI, E. D. *et al.*, Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, v. 18, p. 123-134, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582000000100012>.

WATT, D. A., McCORMICK, A.J. CRAMER, M.D. Source and Sink Physiology. In. MOORE, P. H.; BOTHA, F. C. (Eds.), **Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology**. Oxford: Willey Blackwell, 2014. p.483-520.

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/>.