



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

EMILY MIRLENE DA COSTA ALVES

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB A FIXAÇÃO
BIOLÓGICA EM ASSOCIAÇÃO DE ALGAS NO BREJO PARAIBANO.**

**AREIA
2023**

EMILY MIRLENE DA COSTA ALVES

**DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB A FIXAÇÃO
BIOLÓGICA EM ASSOCIAÇÃO DE ALGAS NO BREJO PARAIBANO.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Mielezrski.

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A474d Alves, Emily Mirlene da Costa.

Desenvolvimento vegetativo de cana-de-açúcar sob a
fixação biológica em associação de algas no brejo
paraibano / Emily Mirlene da Costa Alves. -
Areia:UFPB/CCA, 2023.

43 f. : il.

Orientação: Fabio Mielezrski.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Saccharum officinarum. 3.
Inoculante. 4. Bactéria. 5. Extrato de alga. I.
Mielezrski, Fabio. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

EMILY MIRLENE DA COSTA ALVES

DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB A FIXAÇÃO
BIOLÓGICA EM ASSOCIAÇÃO DE ALGAS NO BREJO PARAIBANO.

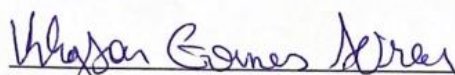
Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 31/05/2023.

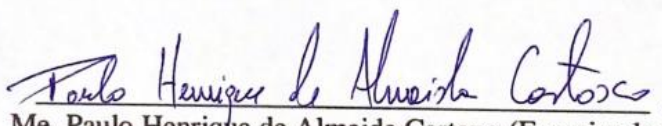
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabio Mielezrski (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Me. Khyson Gomes Abreu (Examinador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Me. Paulo Henrique de Almeida Cartaxo (Examinador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

A minha irmã, Ellen Mirele (*in memoriam*), minha maior incentivadora desde o início e quem sonhou essa conquista comigo, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha luz e força e por ter me permitido chegar até aqui.

A Nossa Senhora de Fátima, minha mãezinha do céu e intercessora por me acalantar em seu manto e me ajudar a seguir apesar das pedras no caminho.

A Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias pela oportunidade de aprendizado no âmbito acadêmico e pessoal.

Ao Professor e Orientador Dr. Fabio Mielezski, pessoa íntegra e de bom coração por todo incentivo e apoio durante grande parte da minha graduação. Sua parcela na minha formação é enorme e sou eternamente grata por tudo.

Aos meus pais, Edilene Bezerra e Manuel Reginaldo por todo incentivo e pelo apoio desde o início. Por terem me dado oportunidades que vocês não tiveram. Sou grata pelo amor que me deram e pelo que sou hoje. Tudo isso é por vocês, amo infinitamente.

A minha irmã, Ellen Mirele (*in memoriam*) por ter sido meu pilar e por ter me incentivado a seguir meus sonhos. Pelo companheirismo, amor e conquistas partilhadas. Por viver presente em meu coração apesar da grande dimensão que nos separa. É por você, irmã. Te amo!

À minha família materna, em especial a minha vó Maria Sueli, meu vô Edilson Florêncio, tia Edvânia (Tita) e Tio Edicleiton (Nem), que sempre fizeram e fazem de tudo por mim. Palavra nenhuma seria capaz de descrever tamanha gratidão. Por todo esforço que fizeram para que eu pudesse estar aqui hoje. Pelo apoio e por se fazerem presentes apesar dos 2500 km que nos separam. Obrigada por isso. Amo vocês incondicionalmente!

Aos meus padrinhos, Elisângela Bezerra e Flávio Borges por serem como pais para mim e por estarem sempre ao meu lado. Pelo amor e carinho que vocês sempre tiveram comigo e com a Dedé. Amo vocês demais!

A Lorena Kézia e Thaison Borges, meus primos, por serem como irmãos para mim e por estarem comigo nessa caminhada. Vocês com certeza são presentes de Deus na minha vida e ter vocês ao meu lado, torcendo por mim é gratificante. Vocês são as paixões do meu viver. Sem vocês eu nada seria.

Aos meus primos, Kauã, Matheus e João Pedro por todo carinho.

A minha prima postiça, Jaqueline e toda sua família por todo carinho e companheirismo. Agradeço!

À minha família paterna, em especial Tia Guia e toda sua família, Brendha Souza e Saulo Kael, que sempre torceram por mim e me apoiaram nessa jornada. Amo vocês!

Aos meus cunhados, Caio Lúcio por sempre torcer por mim e querer meu melhor. Te admiro demais e seremos para sempre um pelo outro. Você é um irmão que Deus me deu. Cleverson Souza por sua doçura e por sempre me apoiar. Alyson Abdias por toda ajuda e torcida. Vocês estão guardados em meu coração.

Aos amigos que Cuité me deu, Felipe Ramon, Lara Resende, Karen Dutra, Renata Medeiros, Natália Macedo, Samara Priscila, Diego Santos e Rebeca Midian por serem meus grandes apoiadores nessa jornada. Por toda alegria compartilhada e por tornarem o caminho mais leve. Vocês são especiais e quero levar para sempre comigo.

As minhas amigas e irmãs de coração, Millena Araújo, Ana Carolina e Ellen Vitória por terem estado comigo durante esse processo e por toda força que deram ao longo dos anos. Obrigada pelo abraço casa de vocês, pelas risadas, conselhos e carinho, vocês foram essenciais para que eu pudesse seguir em frente e chegar até aqui. Por terem me acolhido em suas casas e por terem me apresentado suas famílias, vocês são a prova do amor de Deus na minha vida. Amo vocês!

As minhas amigas de turma, Tamiris Luana, Bruna Thalia e Mayra Nascimento por terem estado comigo durante esses cinco anos. Por toda troca de conhecimento e companheirismo. Vocês são especiais e sou grata por tudo.

Aos amigos que a Universidade me deu, Lucas Medeiros, Rayan Araújo, Ery Bonifácio, Rafael Talles, Stephany Vasconcelos, João Victor, João Carvalho, Marcos Vinícius, Silvio Lisboa, Murilo, Lucas Araruna, Wellington Junior, Ewerton Barbosa por todos os momentos felizes, pelo apoio e torcida de cada um. Vocês são especiais.

Ao grupo de estudos PET AgroBio, por ter ajudado no meu desenvolvimento acadêmico. Aos Professores Tutores, Jacinto Luna e Daniel Duarte pela oportunidade de fazer parte do grupo e por todo incentivo para meu crescimento ao longo do curso. Agradeço!

Ao grupo de estudos sucroenergético GESUCRO, pela acolhida e por desenvolver meu experimento para o Trabalho de Conclusão de Curso. Por toda ajuda dos colegas que não mediram esforços durante as avaliações. Gratidão!

A banca examinadora, Paulo Cartaxo e Khyson Gomes por terem aceitado o convite. Meu muito obrigada!

A todos os professores do CCA que contribuíram para a minha formação. Em especial, Aline, Jacinto e Daniel. Sou eternamente grata por todo conhecimento repassado.

A todos que fizeram parte dessa trajetória de forma direta ou indireta, torcendo e me vendo chegar onde estou, obrigada! Sozinha, não teria conseguido.

“Os rios não bebem sua própria água; as árvores não comem seus próprios frutos. O sol não brilha para si mesmo; e as flores não espalham sua fragrância para si. Viver para os outros é uma regra da natureza. A vida é boa quando você está feliz; mas a vida é muito melhor quando os outros estão felizes por sua causa”.

Papa Francisco

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma das culturas mais cultivadas no Brasil, matéria prima para os diversos produtos, como o açúcar, etanol e derivados. Por apresentar uma alta demanda por fertilizantes nitrogenados, faz-se necessário a busca por alternativas que melhorem seu desenvolvimento como é o caso da utilização de bactérias, a exemplo da *Azospirillum brasiliense*, devido a sua boa capacidade de fixar nitrogênio. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar em resposta a fixação biológica nitrogenada. A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental Chã de Jardim, do CCA/UFPB, Areia-PB, durante um ano na etapa de cana planta. O delineamento foi o de blocos casualizados com quatro repetições e sete tratamentos, que foram: testemunha, inoculação, inoculação mais 50% de N, adubação com 100% de N, inoculação mais fertilizante de algas, fertilizante de algas mais 50% de N e inoculação mais fertilizante de algas mais 50% de N. O plantio foi realizado na densidade de doze gemas por metro com espaçamento de 1,20 m entre sulcos. A inoculação foi realizada no sulco e as adubações de cobertura com nitrogênio foram realizadas em duas etapas em cobertura. A variedade utilizada foi a RB041443 lançada há poucos anos, foram avaliados a altura do colmo, comprimento da folha, largura da folha, diâmetro do colmo, número de entrenós, número de folhas e planta por metro linear. Os dados foram tabelados e processados pelo software R, submetidos a análise de variância, teste Tukey e análise de componentes principais. Não houve influência dos tratamentos nas variáveis analisadas, exceto na largura da folha, que apesar da diferença estatística não influenciou no desenvolvimento da cana-de-açúcar variedade RB041443. A aplicação do fertilizante *Lithothamnium* a base de algas não apresentou influência significativa na ação das bactérias de maneira a melhorar o desenvolvimento vegetativo.

Palavras-chaves: *Saccharum officinarum*; inoculante; bactéria; extrato de alga.

ABSTRACT

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is one of the most cultivated crops in Brazil, raw material for various products, such as sugar, ethanol and derivatives. Due to the high demand for nitrogen fertilizers, it is necessary to search for alternatives that improve its development, such as the use of bacteria, such as *Azospirillum brasiliense*, due to its good ability to fix nitrogen. Thus, the objective of this work was to evaluate the vegetative development of sugarcane in response to biological nitrogen fixation. The research was carried out at the Chã de Jardim Experimental Farm, of the CCA/UFPB, Areia-PB, during a year in the plant cane stage. The design was randomized blocks with four replications and seven treatments, which were: control, inoculation, inoculation plus 50% N, fertilization with 100% N, inoculation plus algae fertilizer, algae fertilizer plus 50% N and inoculation plus algae fertilizer plus 50% N. Planting was carried out at a density of twelve buds per meter with spacing of 1.20 m between furrows. Inoculation was carried out in the furrow and topdressing fertilizations with nitrogen were carried out in two stages in topdressing. The variety used was RB041443 launched a few years ago, the stem height, leaf length, leaf width, stem diameter, number of internodes, number of leaves and plant per linear meter were evaluated. Data were tabulated and processed by R software, submitted to analysis of variance, Tukey test and principal component analysis. There was no influence of treatments on the analyzed variables, except for leaf width, which despite the statistical difference did not influence the development of sugarcane variety RB041443. The application of algae-based *Lithothamnium* fertilizer did not significantly influence the action of bacteria in order to improve vegetative development.

Keywords: *Saccharum officinarum*; inoculant; bacteria; seaweed extract.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representantes do gênero <i>Saccharum</i>	16
Figura 2 – Fases do desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	17
Figura 3 – Classificação da cana-de-açúcar quanto a sua morfologia	18
Figura 4 – Uso de Extrato de algas em cana-de-açúcar.....	23
Figura 5 – Localização da área experimental.....	26
Figura 6 – Temperatura média mensal (°C) e precipitação (mm) durante o período do experimento (2021/2022).....	27
Figura 7 – Croqui do experimento e tratamentos utilizados.....	28
Figura 8 – Análise de componentes principais (ACP) de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes, agrupados em diferentes níveis de em relação aos índices vegetativos.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Quantidade de N recomendado segundo a produtividade esperada (colhida sem queima prévia).....	20
Tabela 2 -	Análise de química e fertilidade do solo da área experimental, Areia PB, (2021).....	28
Tabela 3 -	Resumo da análise de variância para altura de colmo (AT), comprimento de folha (CP), diâmetro de colmo (DT), largura de folha (LG), número de entrenós (NE), folhas (NF), e planta por metro linear (NP) de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes.....	31
Tabela 4 -	Comprimento (CP) e largura (LG) de folhas de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes.....	32
Tabela 5 -	Altura (AT), diâmetro (DT), número de entrenós (NE), número de folhas (NE) e planta por metro linear (NP) de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
AIA	Ácido Indolacético
ANOVA	Análise de Variância
C/N	Carbono/Nitrogênio
Ca	Cálcio
DAP	Dias após o plantio
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
g	Grama
ha	Hectare
K ₂ O	Óxido de potássio
Kg	Quilograma
L	Litro
m ³	Metros cúbicos
Mg	Magnésio
ml	Mililitro
mm	Milímetro
N	Nitrogênio
NH ₃	Amoníaco
NH ₄ ⁺	Íon Amônio
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
UFC	Unidade de Formação de Colônias

LISTA DE SÍMBOLOS

US\$	Dólar americano
°C	Grau Celsius
$\leq$	Menor ou igual que
%	Porcentagem
+	Soma

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR	16
2.2	MORFOLOGIA E FENOLOGIA.....	17
2.3	ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	19
2.3.1	Época de Aplicação.....	19
2.3.2	Fonte e Formas de Aplicação.....	20
2.3.3	Doses.....	20
2.4	FIXAÇÃO BIOLÓGICA.....	21
2.4.1	<i>Azospirillum</i> (Bactérias).....	21
2.4.2	Formas de Aplicação na Cana-de-açúcar.....	22
2.4.3	Concentração de Bactérias (<i>Azospirillum</i>).....	22
2.4.4	Resposta da Fixação Biológica na Cana-de-açúcar.....	22
2.5	USO DE ALGAS MARINHAS COMO PROMOTORA DE CRESCIMENTO NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	23
2.5.1	Formas de Aplicação.....	24
2.5.2	Doses.....	25
2.5.3	Resposta no Desenvolvimento Vegetativo.....	25
3	METODOLOGIA	27
3.1	Caracterização da Área Experimental.....	27
3.2	Climatologia.....	28
3.3	Delineamento Experimental.....	28
3.4	Implantação do Experimento.....	29
3.5	Parâmetros Avaliados.....	30
3.6	Análise Estatística.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5	CONCLUSÃO.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma gramínea perene pertencente à família das Poaceae, sendo o Sul e Sudeste da Ásia tropical o seu centro de origem (SINGH *et al.*, 2015), dispersou-se para o resto do mundo tempos depois, tendo sua chegada às Américas em 1493 (ALVES; ELENORA, 2016). No início do século XVI chegou ao Brasil, atualmente o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (AJALA *et al.*, 2021).

Cultivada desde a época da colonização, a cana-de-açúcar é uma cultura que se destaca socioeconomicamente no Brasil, devido a versatilidade de produtos oriundos da sua matéria prima como açúcar, cachaça, melaço, bagaço, vinhaça e ainda, pela alta valorização do etanol no mercado, a produção brasileira de cana-de-açúcar apresentou um elevado aumento (SERAFIM *et al.*, 2021). A estimativa da safra 2023/24 aponta um crescimento de 4,4% comparada à última safra, resultando em uma produção de 637,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2023).

A cultura da cana-de-açúcar apresenta baixa eficiência no que se refere a fertilização nitrogenada, alavancar a eficiência do uso de nitrogênio (N) torna-se um desafio. Tendo em vista o pequeno aproveitamento do N aplicado a essa cultura, uma alternativa eficaz pode ser o uso de inoculante à base de bactérias, a exemplo das diazotróficas (SCHULTZ *et al.*, 2012).

Para tanto, a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), tem por função transformar o N presente no ar atmosférico em formas assimiláveis para a planta, a qual é realizada por bactérias fixadoras, das quais também estimulam a produção de fitohormônio, como auxinas, giberelinas e citocininas e que com isso, estimula o crescimento das plantas, sendo realizada através da nitrogenase (LINO, 2018). A colonização dessas bactérias pode ocorrer na região da rizosfera ou mesmo no tecido vegetal de toda a planta, como as endofíticas (HUNGRIA *et al.*, 2010).

Devido ao elevado custo dos fertilizantes associado ao impacto ambiental negativo ocasionado pelo uso excessivo desses produtos químicos, existe um crescente interesse no uso de inoculantes contendo bactérias promotoras do crescimento, principalmente quando se busca novas alternativas para suprir a necessidade da planta ou pelo menos parte dela (HUNGRIA *et al.*, 2010).

A *Azospirillum brasiliense* por exemplo, é umas das bactérias que podem promover FBN, pois estimula a produção do Ácido indolacético (AIA), o que favorece o crescimento da planta e principalmente das raízes, podendo ainda melhorar a eficiência no uso do nitrogênio

pela planta em condições de baixos níveis desse nutriente no solo (LOPES *et al.*, 2019; ZEFFA *et al.*, 2019). Entre as bactérias diazotróficas promotoras de crescimento vegetal as espécies *Azospirillum* são as mais estudadas, pois são utilizadas em inoculantes para diferentes culturas, onde na cultura da cana-de-açúcar, resultados positivos principalmente no desenvolvimento da planta e na produtividade foram observados (LINO, 2018).

Algumas condições de solo podem ser melhoradas de maneira a reduzir a variação no estabelecimento de bactérias diazotróficas, como a utilização do insumo *Lithothamnium*, um composto natural extraído de algas mortas calcificadas no fundo do mar (DIAS, 2000). Pode ser utilizado como um excelente corretivo, uma vez que, a utilização de algas calcárias à base de *Lithothamnium* pode elevar o pH do solo, neutralizar os efeitos de elementos tóxicos e fornecer Ca e Mg como nutrientes para as plantas (MELO; NETO, 2003). O insumo à base de algas pode proporcionar um ambiente favorável para a absorção de nutrientes e desenvolvimento microbiano, dentre eles as bactérias diazotróficas como a *Azospirillum*, capazes de realizar FBN e outros benefícios na rizosfera (HAFLE *et al.*, 2009).

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar em resposta a fixação biológica de nitrogênio com *Azospirillum brasilense* em associação com *Lithothamnium* e assim, poder desenvolver estratégias que possibilitem o melhor estabelecimento dessas bactérias favorecendo o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar na região do Brejo Paraibano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Entende-se que a produção de cana-de-açúcar a nível mundial é de aproximadamente 1,6 bilhões de toneladas anuais, sendo o Brasil o maior produtor dessa cultura, seguido da Índia, China, Tailândia, Paquistão, México, Colômbia, Indonésia, Filipinas e os Estados Unidos (AJALA *et al.*, 2021). Por esse motivo, o cultivo desta cultura é realizado em escala industrial, com produção de açúcar que supera mais de 90 países globalmente, se destacando nos últimos anos por contribuir com a demanda mundial por produção de energia sustentável (ARRUDA, 2011). Ainda, a capacidade de perfilhamento e soca dessa cultura a torna atrativa para geração de biocombustíveis e bioenergia em todo o mundo, visto uma tonelada de cana produzir entre 85 a 100 kg de açúcar e 35 a 45 kg de melaço, capaz de fornecer entre 22 a 25% de recuperação de etanol por meio da fermentação (RAZA *et al.*, 2019).

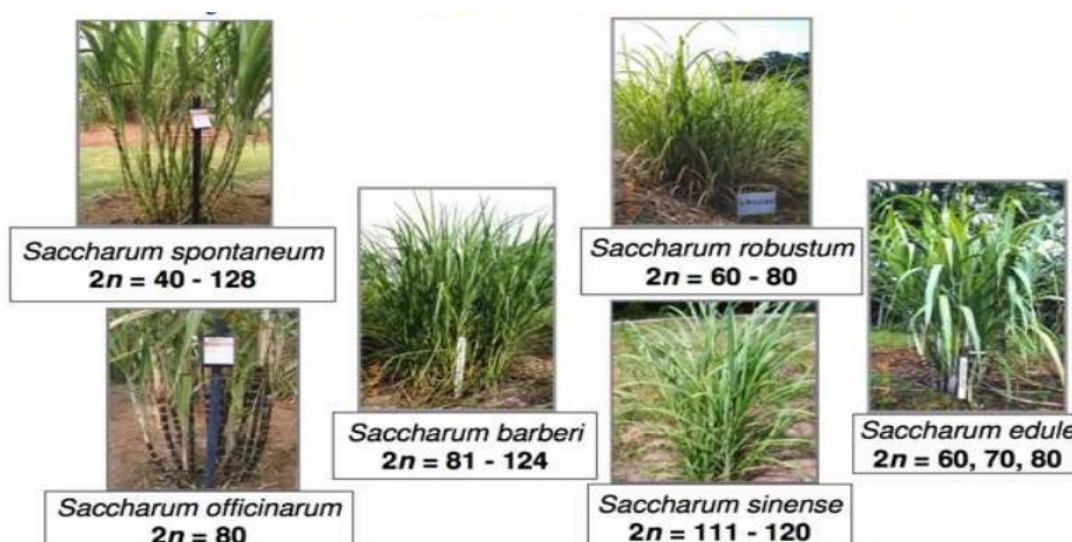
Na safra 2021/22, a produção desta cultura alcançou superiores 628 milhões de toneladas, o que resultou em uma produção superior a 27 bilhões de litros de etanol e 38,9 milhões de toneladas de açúcar (CONAB, 2021). No ano de 2020, este setor somou US\$ 9,9 bilhões em valores de exportação, representando 9,9% do total exportado pelo agronegócio do país (BRASIL, 2020). Além disso, na safra 2020/21 o Brasil apresentou uma produção de aproximadamente 32 milhões de m³ de etanol, onde mais da metade desse volume é considerado etanol hidratado e 10 milhões de m³ correspondendo a etanol anidro (EPE, 2022).

A cana-de-açúcar é conhecida e apreciada por apresentar diversas finalidades, sendo cultura destaque para muitas regiões do país, ajudando na geração de emprego e renda, e também na segurança alimentar nos trópicos e subtrópicos do mundo (SINGH *et al.*, 2020). No Brasil, a cana-de-açúcar é importante para a economia do país desde meados do século XVI. Além da importância econômica desta cultura por meio da produção de açúcar e etanol, esta tem destaque pelos subprodutos gerados nas etapas de processamento da matéria-prima, gerando subprodutos importantes como a torta de filtro (SILVA *et al.*, 2021), melaço (DIAS *et al.*, 2021), bagaço (CHUNHAWONG *et al.*, 2018) e a vinhaça (SILVA *et al.*, 2023). Com base nas informações apresentadas sobre a cultura, é relevante a revisão sobre suas características particulares, como a morfologia e fenologia, abordado na seção a seguir.

2.2 MORFOLOGIA E FENOLOGIA

A cana-de-açúcar apresenta classificação botânica como pertencente à família das Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Andropogoneae e gênero *Saccharum* L. (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2022). Este gênero apresenta seis espécies, sendo duas silvestres (*Saccharum spontaneum* L. e *Saccharum robustum*) e quatro espécies domesticadas ou cultivadas (*Saccharum officinarum* L., *Saccharum barberi*, *Saccharum sinense* e *Saccharum edule*) (Figura 1) (DANIELS; ROACH, 1987). Ademais, é uma planta considerada alógama pertencente divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem Cyperales e subtribo Saccharininae (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Figura 1. Representantes do gênero *Saccharum*.



Fonte: D'Hont *et al.* (1999).

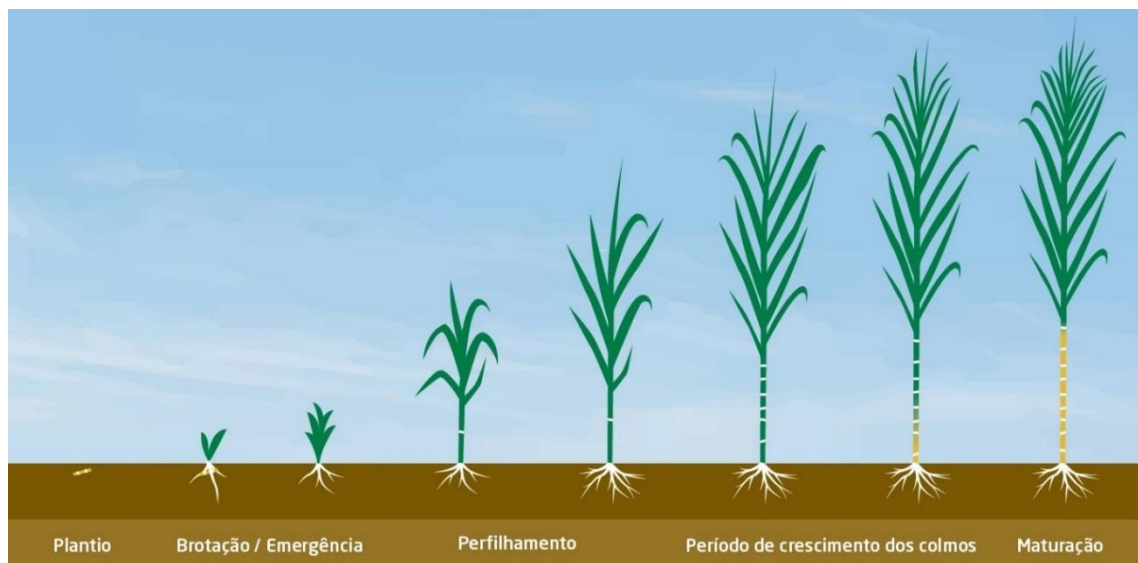
Quanto a terminologia taxonômica dos cultivares de cana-de-açúcar, atualmente é considerada como (*Saccharum* spp.), visto que o cultivo da cana-de-açúcar é destinado apenas para comercialização quando estas são melhoradas geneticamente, ou seja, híbrido multiespecíficos com destaque de exploração na maior parte através da espécie *Saccharum officinarum* (NOBILE *et al.*, 2017). Além disso, a cana-de-açúcar é uma angiosperma do grupo das monocotiledôneas, com ciclo semi-perene e considerada como uma planta C4, com boa adaptação à luminosidade e temperatura elevadas e capaz de resistir a escassez hídrica (LACERDA *et al.*, 2019).

Do ponto de vista produtivo, em primeiro plano, muitas produzem uma cultura de “soca”, que crescem e desenvolvem novamente após a realização da colheita, fazendo com que não seja necessário a realização de replantio da cultura a cada ano. Em segundo plano, a

cana-de-açúcar apresenta exigências menores em relação ao aporte de nitrogênio. E terceiro, relatos mostram melhores caracteres fotossintéticos de plantas *Saccharinae* quando comparado a outras *Andropogoneae* (FERREIRA *et al.*, 2013).

Do ponto de vista do desenvolvimento vegetativo, essa cultura apresenta essencialmente quatro fases de crescimento, conhecidas como, brotação e emergência, perfilhamento, crescimento dos colmos e maturação (Figura 2) (LAL, 2021).

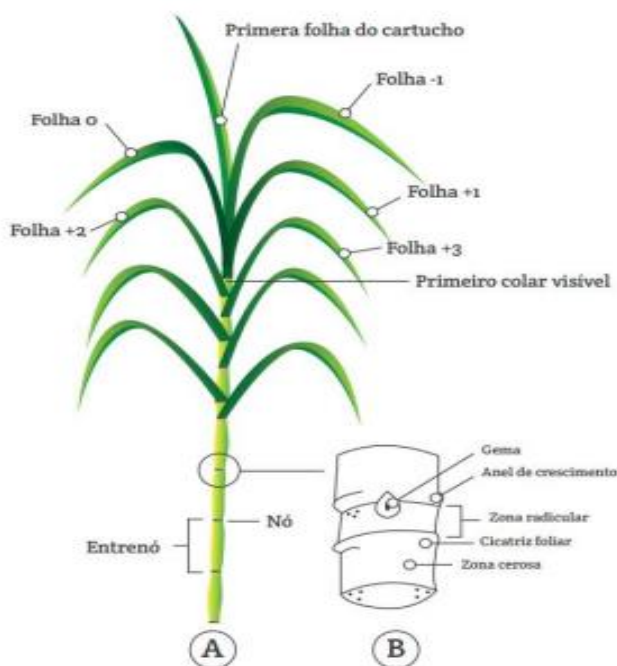
Figura 2. Fases do desenvolvimento da cana-de-açúcar.



Fonte: Brandt (2023).

Essa cultura apresenta reprodução sexuada, no entanto, seu cultivo para fins comercial é tido por multiplicação de forma assexuada por meio de toletes via propagação vegetativa, o que acarreta no crescimento de perfilhos que formam touceiras (CAIEIRO *et al.*, 2010). Ainda, a parte aérea se constitui por caule em forma de colmos, apresentando-nos, entrenós e gemas, estando presente a inserção foliar (Figura 3).

Figura 3. Classificação da cana-de-açúcar quanto a sua morfologia.



Fonte: Senar (2015).

Com base no explanado e levando em consideração as peculiaridades da cana-de-açúcar, é viável entender sobre informações que ajudem no aumento produtivo desta cultura, como é o caso da adubação, sendo uma prática altamente positiva para o bom desenvolvimento da cultura.

2.3 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

2.3.1 ÉPOCA DE APLICAÇÃO

A época de aplicação da adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar estar relacionada principalmente com o ciclo da cultura (cana-planta ou cana-soca), sendo em cana-planta realizada normalmente com base em uma dose única do produto, no momento do plantio em fundo de sulco, diferente da cana-soca, onde é feita a reposição dos nutrientes extraídos pela cultura, utilizado geralmente entre 30 a 40 dias após o corte (VITTI *et al.*, 2008; SCHULTZ *et al.*, 2015).

Como em outras culturas, na cana-de-açúcar a expectativa de colheita reflete a quantidade do fertilizante a ser aplicado na época certa, como observado anteriormente, bem como a fonte utilizada, formas de aplicação e a dose utilizada para tal, que vai depender de alguns fatores como a idade da cultura, época de cultivo, ambiente de produção e uso de

irrigação. Dessa forma, é importante a compreensão destes fatores por parte do produtor, com o intuito de obter informações pertinentes sobre o seu canavial.

2.3.2 FONTE E FORMAS DE APLICAÇÃO

A adubação realizada na cana-de-açúcar é na maioria das vezes realizada com fertilizantes de fontes nitrogenadas tradicionais, sendo utilizado como fonte, principalmente, a Ureia e o Nitrato de Amônio, sendo a ureia a fonte mais utilizada no Brasil e no mundo (SCHULTZ *et al.*, 2015). A ureia contém nitrogênio na forma amídica, ocorrendo transformação no solo para a forma amoniacal (NH_4^+), o que faz com que o produto fique propício a volatilização na forma de amônia (NH_3) (CAMPO & NEGÓCIOS, 2016). De modo a minimizar as perdas, as formas de aplicação fazendo uso de incorporação, recobrimento do fertilizante com inibidores de Urease e aplicação do fertilizante em épocas chuvosas recorrentes são as principais formas de aplicação de Ureia (CAMPO & NEGÓCIOS, 2016). Ainda, entende-se que a ureia é o fertilizante de grande importância para a cultura da cana-de-açúcar por fornecer N na forma amoniacal, estando prontamente assimilável pela planta após absorção.

Quanto a fonte de N por meio de nitrato de amônio, os produtores vêm utilizando nos canaviais por não apresentar perdas significativas de amônia por volatilização, mesmo quando aplicado sobre a palhada, contudo, é uma fonte mais suscetível à lixiviação por apresentar parte do N na forma nítrica, bem como após a absorção pela planta, tem-se maior gasto energético para assimilação em compostos orgânicos (CAMPO & NEGÓCIOS, 2016). Quanto a forma de aplicação deste fertilizante, se recomenda a aplicação superficial sobre a palha da cultura, de modo a diminuir as perdas de N por volatilização de amônia (AGROADVANCE, 2020).

2.3.3 DOSES

No tocante as doses para adubação nitrogenada, recomendasse para cana-planta uma média de 40 a 60 kg ha⁻¹, fazendo uso de menores doses (40 kg ha⁻¹) em locais de expansão, solos arenosos e áreas que passaram por preparo convencional, e com maiores doses (60 kg ha⁻¹) indicados para ambientes com maior potencial produtivo, solos mais argilosos, apresentando cultivo mínimo e plantio direto (CAMPO & NEGÓCIOS, 2016).

Em cana-soca, é recomendado o uso de maiores quantidades do nutriente em relação a cana-planta, fato que estar relacionado à menor mineralização do nutriente da matéria orgânica e baixa eficiência da fixação biológica (SCHULTZ *et al.*, 2015; CAMPO & NEGÓCIOS, 2016). Assim sendo, a adubação nitrogenada em cana-soca é realizada com base na produtividade esperada pelo canavial, levando em consideração o sistema de colheita, de modo que se houver queima prévia, é recomendado o uso de 1,2 kg de N por tonelada de cana colhida, diferente daquelas onde não tiveram queima, utilizando para tanto, 1,0 kg de N por tonelada de cana colhida (VITTI *et al.*, 2015). Pesquisas apontam que tal diferença se dar devido à imobilização microbiana do nitrogênio quando aplicado sobre a palhada, apresentando elevada relação C/N. Na Tabela 1, é possível observar a quantidade de N que se recomenda levando em consideração a produtividade esperada em locais de cana-de-açúcar colhida sem queima prévia.

Tabela 1. Quantidade de N recomendado segundo produtividade esperada (colhida sem queima prévia).

Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)
<60	60
60-80	80
80-100	100
100-120	120
>120	130

Fonte: Campos & Negócios (2016).

2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA

2.4.1 *Azospirillum* (BACTÉRIAS)

O *Azospirillum* é considerado um gênero de bactérias fixadoras de nitrogênio, convivendo em associação com raízes de plantas (FUKAMI *et al.*, 2018). Além de serem úteis como fixadoras de N, essas bactérias são importantes por promover o crescimento das plantas, visto atuar no estímulo da produção de fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas (SANTOS *et al.*, 2022). Assim sendo, a produção desses compostos eleva a densidade e o comprimento de pêlos radiculares, o aparecimento de raízes laterais e a área superficial do sistema das raízes.

As bactérias *Azospirillum* apresentam boa capacidade de romper a tripla ligação do N por meio da enzima nitrogenase, diminuindo o N₂ à amônia, bem como produzir fitohormônios que estimulam o crescimento do sistema radicular de diversas culturas

importantes, como a cana-de-açúcar, incrementando absorção da água e minerais e maior tolerância a estresses abióticos como o estresse salino e estresse hídrico, acarretando em plantas mais vigorosas e produtivas (HUNGRIA, 2011). Além disso, a morfologia do sistema radicular é modificada com a inoculação, visto à produção de substâncias promotoras de crescimento que faz com que o número de radículas aumente de forma considerável, bem como o diâmetro das raízes laterais e adventícias, que por consequência, é observável um maior volume de solo explorado pela cultura. Nesse sentido, e levando em consideração a relevância dessa bactéria, é viável entender a sua forma de aplicação, com o intuito de oferecer bons resultados a cultura.

2.4.2 FORMAS DE APLICAÇÃO NA CANA-DE-AÇÚCAR

Quanto a forma de aplicação de *Azospirillum* na cana-de-açúcar, está é realizada via aplicação nos toletes, aplicado no momento do plantio da cultura, em sulcos, o que acaba por não ter um resultado tão eficiente visto as bactérias na maioria das vezes depender de ferimentos e aberturas naturais para que se consiga agir dentro da planta (SCUDELETTI, 2016).

Outra forma de aplicação é por via foliar, ocorrendo diretamente através dos estômatos da planta, fazendo com que as bactérias se multipliquem rapidamente, invadindo a câmara subestomática e os espaços intercelulares das células do mesófilo (KAKU, 2004; TRINDADE, 2021). No entanto, os resultados existentes quanto as formas de aplicação ainda são inconsistentes, sendo importante o desenvolvimento de estudos para alcançar maior eficiência da inoculação, visto que o uso dessa bactéria é influenciado por fatores edafoclimáticos, práticas e manejo utilizado na área (CAMPO *et al.*, 2009).

2.4.3 CONCENTRAÇÃO DE BACTÉRIAS (*Azospirillum*)

Alguns autores apontam que a concentração de bactérias na solução do inoculante é mais importante que a dose a ser utilizada. Em gramíneas, como é o caso da cana-de-açúcar ou do milho, a concentração bacteriana capaz de atuar na promoção do crescimento da cultura é de aproximadamente 10 milhões de células viáveis ml^{-1} , o que correspondendo a cerca de 17 mil unidades formadoras de colônia semente $^{-1}$, de modo que níveis acima do apresentando tendem a ocasionar efeito inibitório do crescimento do vegetal inoculado (REPKE *et al.*, 2013).

É válido salientar que a concentração de bactérias presentes nas raízes das plantas na rizosfera é altamente maior que no restante do solo, podendo ser explicado pela maior quantidade de nutrientes, como ácidos orgânicos, açúcares e aminoácidos, além de moléculas de exsudados de raízes presentes na estrutura (BADRI *et al.*, 2009).

2.4.4 RESPOSTA DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA NA CANA-DE-AÇÚCAR

Almeida *et al.* (2021), investigando o potencial produtivo e fixação biológica de N em variedades comerciais de cana-de-açúcar, observaram resultados importantes da FBN para nutrição nitrogenada da cultura, apresentando uma média de 47% no suprimento de nitrogênio total acumulado. Gonçalves *et al.* (2020) ao estudarem nitrogênio e *Azospirillum* no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar, constataram que o uso da bactéria acarretou em efeitos positivos no desenvolvimento das plantas apenas quando utilizada à adubação nitrogenada em cobertura.

Simões *et al.* (2018), ao avaliarem o efeito da aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio, via água de irrigação no desenvolvimento da cana-de-açúcar, notaram que a concentração de 10^6 células mL⁻¹ proporcionou maior biomassa fresca e seca de colmo, sendo, portanto, a concentração indicada pelos autores para se proceder a inoculação. Por sua vez, Lino (2018) ao estudar a fixação biológica de N em soqueira de cana-de-açúcar utilizando *Azospirillum brasilense*, constatou resultados interessantes, de modo que à inoculação com a bactéria foi altamente variável, dependendo de fatores como genótipo utilizado e o ambiente de produção, contudo, observou-se aumento na produtividade da variedade RB855156, bem como a RB966928, a qual foi responsiva pela aplicação da bactéria via foliar do inoculante.

Em síntese, a resposta da fixação biológica na cana-de-açúcar é altamente positiva, e de acordo com os estudos realizados na literatura, esta técnica visando o aumento produtivo da cultura vêm se elevando, no entanto, é interessante mais estudos em diferentes regiões para observar os efeitos de tal uso.

Na seção a seguir, será abordado os efeitos de algas marinhas como promotora de crescimento na cana-de-açúcar, apontando suas formas de aplicação, doses e respostas no desenvolvimento vegetativo, sendo uma temática que também se elevando nos últimos anos, sendo necessário, portanto, uma revisão sobre tais preceitos. Com base nas informações elencadas, espera-se apurar informações que ajudem os produtores que praticam este tipo de

atividade, ajudando a subsidiar informações pertinentes sobre o uso de algas marinhas na cana-de-açúcar.

2.5 USO DE ALGAS MARINHAS COMO PROMOTORA DE CRESCIMENTO NA CANA-DE-AÇÚCAR

2.5.1 FORMAS DE APLICAÇÃO

O extrato de algas vem sendo utilizado na agricultura como um meio alternativo de fertilizante, com o objetivo de ajudar o desempenho de culturas agrícolas de importância para o país, como é o caso da cana-de-açúcar. Diversas pesquisas já apontam as vantagens do uso de algas marinhas, como por exemplo, precocidade germinativa, maior sanidade vegetal, resistência a estresses bióticos e abióticos, e no geral, melhora o desempenho e produtividade da cultura (COSTA, 2016). No entanto, as algas marinhas, a nível global, ainda são conhecidas como um recurso subvalorizado (OSÓRIO *et al.*, 2020), sendo utilizados na agricultura desde meados de 1982 (KAPOORE *et al.*, 2021).

Quanto a sua forma de aplicação, os extratos a base de algas marinhas podem ser facilmente aplicados por meio de pulverizações foliares, irrigação do solo, tratamento do tolete ou em combinação de duas ou mais formas (COSTA, 2016). A mesma autora ainda aponta que a forma utilizada para aplicação vai influenciar na resposta da cultura, bem como na dose utilizada, frequências e épocas de aplicação.

Em estudo realizado por Costa (2016), aplicando extrato de algas marinhas na cana-de-açúcar quando as plantas se encontravam entre 50 a 60 cm de altura, constatou que a área passou por um período de veranico de 30 dias, ocasionando estresse hídrico na cultura, no entanto, observou-se que as plantas sem uso do extrato de algas sofreram com as condições estressantes, acarretando em morte de perfilhos e consequência na produtividade final da cultura, diferente daquelas plantas fertilizadas com o extrato, onde permaneceram mais vigorosas (Figura 4). Dessa forma, entende-se, ainda, que os fertilizantes a base de extratos de algas ajudam a melhorar as atividades orgânicas do solo, beneficiando o suporte à saúde de culturas, como a da cana-de-açúcar, prevenindo de doenças e proporcionando um fornecimento adequado de nutrientes à planta (AMMAR *et al.*, 2022), além de serem influenciadores ativos no crescimento vegetal, visto sua aptidão de produzir ou interagir com os fitohormônios da planta (KUREPIN *et al.*, 2014).

Figura 4. Uso de extrato de algas em cana-de-açúcar.



Fonte: Costa (2016).

2.5.2 DOSES

De modo geral, as doses utilizadas de fertilizantes a base de algas marinhas, vai depender sempre da cultura utilizada. Em estudo mais recente, realizado por Jacomassi *et al.* (2022), avaliando o uso de bioestimulante à base de extrato de algas marinhas para mitigar o estresse hídrico da cana-de-açúcar, em área localizada em Dourados-MS, utilizando a dose de 500 ml/ha^{-1} , observaram melhora no rendimento e qualidade dos colmos da cana-de-açúcar sob estresse hídrico. Ainda de acordo com os mesmos autores, a dose recomendada para o bioestimulante a base de algas marinhas utilizados no experimento era de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ para um volume de água de 100 L ha^{-1} .

Em outro estudo, conduzido por Chen *et al.* (2023), ao observarem os efeitos do extrato de algas marinhas na arquitetura radicular de diferentes variedades de cana-de-açúcar, constataram que ao utilizarem 10 mL para 1 L de solução nutritiva, o extrato de algas promoveu o crescimento da raiz, alterou a arquitetura radicular e melhorou a eficiência do uso da água pelas raízes, o que fez com que as plantas resistissem à seca.

Em síntese, a indicação da dosagem para uma determinada cultura se encontra em rótulos comerciais, onde o produtor simula para condições de campo, utilizando dosagem por hectare plantado. Assim sendo, obter rendimento incremental acima da dose sob recomendação de aplicação do fertilizante é um grande desafio (SINGH *et al.*, 2020). Com base nisto, estudos utilizando extratos de algas em cana-de-açúcar são altamente importantes, especialmente de modo regional, onde é possível obter informações mais direcionadas a região de estudo, e, portanto, torna-se necessário pesquisas experimentais nesta temática, visto

responder de forma positiva no desenvolvimento vegetativo da cultura, como se pode observar de forma mais detalhada na seção a seguir.

2.5.3 RESPOSTA NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

Chen *et al.* (2023), utilizando extrato de algas em cana-de-açúcar visando o aumento a resistência à seca, pôde-se observar resultados positivos com seu uso, melhorando a retenção de água no solo, a estrutura dos agregados do solo, elevando o teor de nutrientes do solo e as atividades enzimáticas do solo, bem como foi capaz de aliviar os danos ocasionados pelo estresse hídrico na cultura.

Assim sendo, o extrato de algas tende a apresentar respostas positivas no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, visto estimularem a divisão celular e melhorar a atividade metabólica de cada célula, ajudando também na atividade fisiológica das plantas, o que acarreta, ainda, no crescimento e desenvolvimento das raízes (KARTHIKEYAN; SHANMUGAM, 2017). Ainda de acordo com os autores, estudando extrato de algas em cana-de-açúcar em cana-planta e socaria, observaram valores produtivos superiores à testemunha, tanto na primeira safra quanto na segunda.

De modo geral, os resultados apontam que os extratos a base de algas marinhas estimulam a síntese de pigmentos, como a clorofila, de modo a otimizar os processos fotossintéticos pela planta, promover o crescimento do sistema radicular, melhorando a absorção de águas e nutrientes pelo maior contato profundo da raiz com o solo, acarretando em efeitos diretos positivos no rendimento das culturas (YAKHIN *et al.*, 2017).

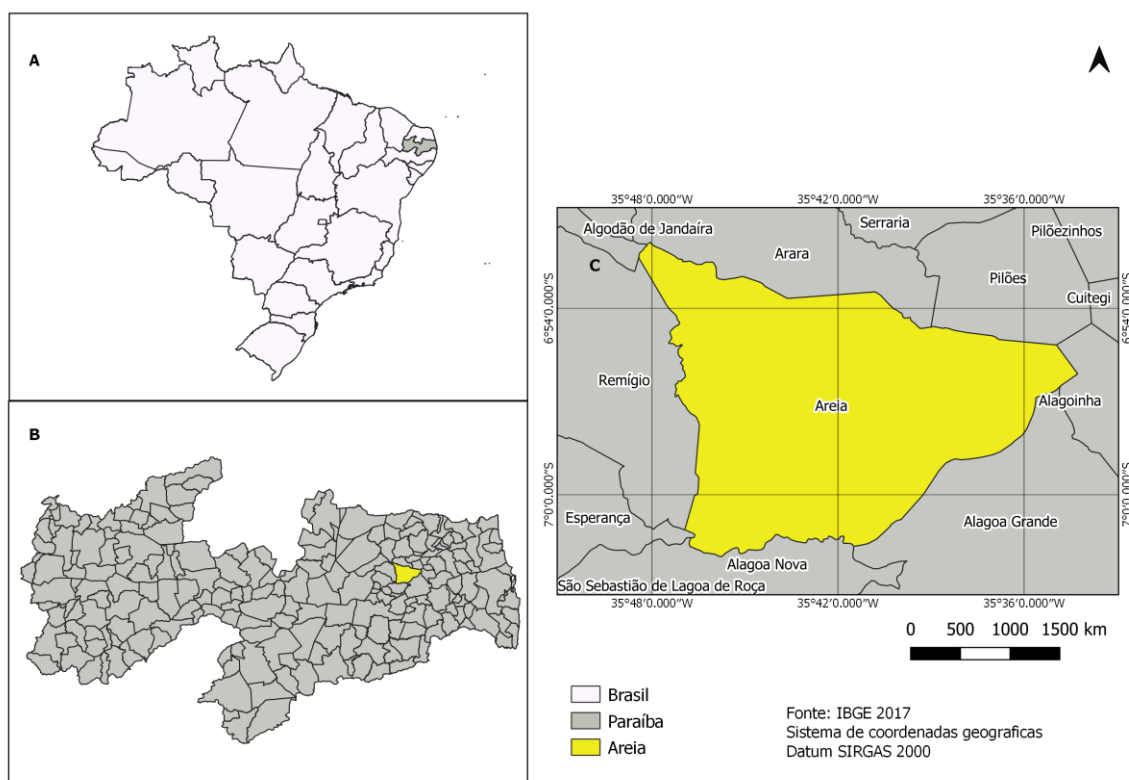
Com base nas informações aqui levantadas, este estudo buscará informações com base na temática e na cultura, buscando elucidar informações importantes para alavancar os campos de produção de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro, em especial, no Brejo Paraibano.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi desenvolvido na área experimental Chã de Jardim do Centro de Ciências Agrárias – CCA, Campus II, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, localizado no município de Areia – PB (Figura 5), seu início sendo em junho de 2021, finalizado em junho de 2022. O município de Areia está localizado na microrregião do Brejo Paraibano, sob coordenadas geográficas O 35° 44' 2.152'' e S 6° 58' 7.133'' e altitude de 582 metros.

Figura 5. Mapa de localização da área experimental. A) Limite do Brasil em destaque o Estado da Paraíba; B) Estado da Paraíba em destaque a cidade de Areia; C) Limite do município de Areia, onde localiza-se a Fazenda Experimental Chã de Jardim.



Fonte: IBGE, 2023.

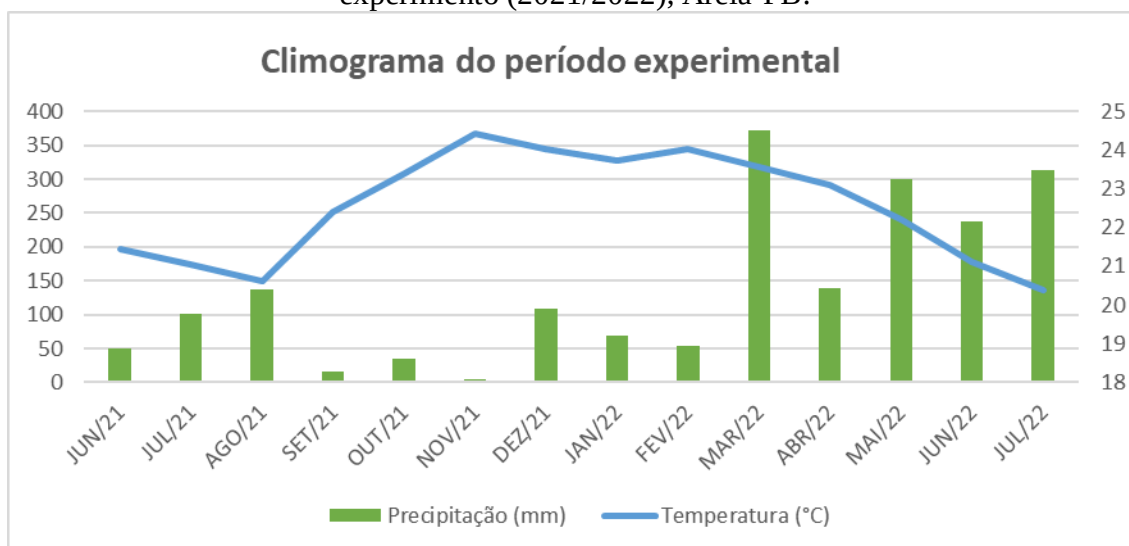
De acordo com Köppen, o clima predominante na região é As' (ALVARES *et al.* 2013), que se caracteriza como quente e úmido, com chuvas de outono-inverno. A temperatura média varia entre 22 e 28 °C, com oscilações mensais mínimas, a umidade relativa do ar varia em torno de 75% nos meses de novembro e dezembro e se eleva nos meses de junho e julho

chegando a 87%, a precipitação pluviométrica média é de 1400 mm por ano e ocorre em sua maior concentração no período de março a agosto (PESSOA *et al*, 2019).

3.2 CLIMATOLOGIA

Durante o período do experimento as temperaturas variaram entre 20,3 °C e 24,4 °C, e o volume de precipitação pluviométrica apresentou um total de 1935,6 milímetros em todo o ciclo de cultivo (Figura 6).

Figura 6: Temperatura média mensal (°C) e precipitação (mm) durante o período do experimento (2021/2022), Areia-PB.

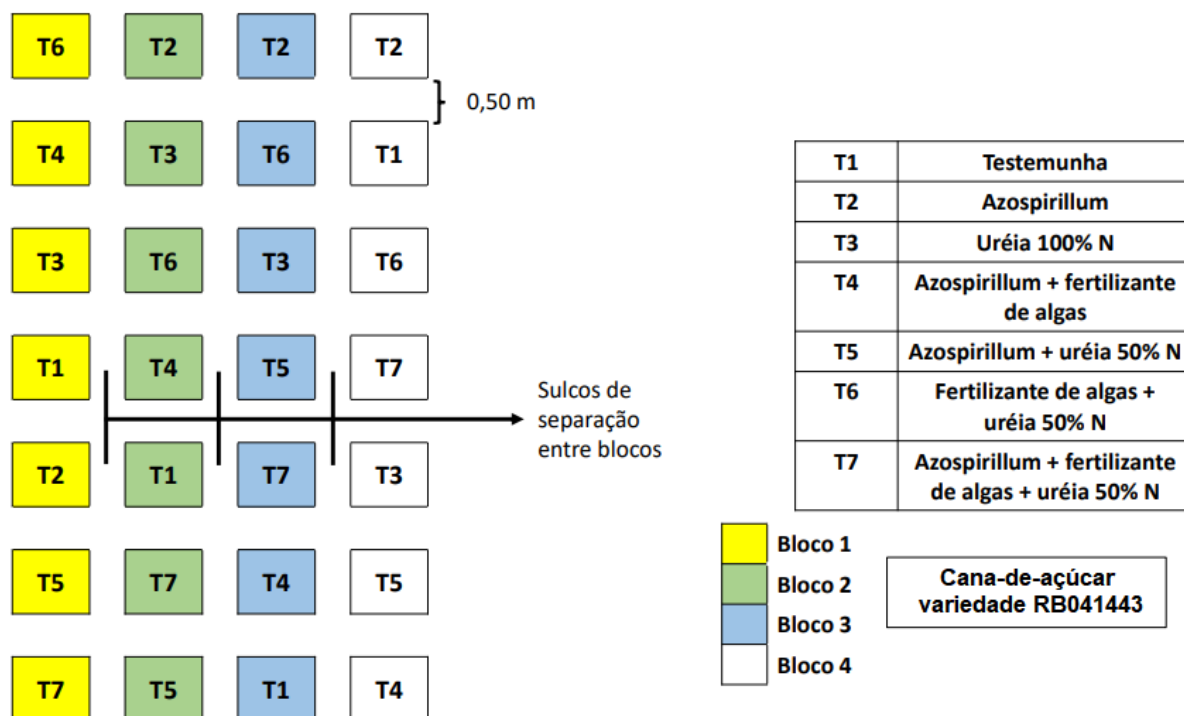


Fonte: Inmet (2023).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e sete tratamentos, quais sejam: T1: testemunha (sem inoculação, sem aplicação de fertilizante de algas e sem adubação com nitrogênio); T2: com *Azospirillum*; T3: Uréia 100% de nitrogênio; T4: *Azospirillum* + fertilizante de algas; T5: *Azospirillum* + Uréia 50% de nitrogênio; T6: fertilizante de algas + Uréia 50% de nitrogênio e T7: *Azospirillum* + fertilizante de algas + Uréia 50% de nitrogênio (Figura 7).

Figura 7. Croqui do experimento e tratamentos utilizados, Areia PB, 2021.



Fonte: Arquivo pessoal.

3.4 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO

A variedade de cana-de-açúcar plantada foi a RB041443, sendo que o plantio foi realizado em junho de 2021. O solo foi devidamente revolvido com grade aradora e sulcado com espaçamento de 1,20 m entre sulcos. Cada parcela foi composta por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, sendo a parcela útil as duas centrais, a densidade de plantio foi de doze gemas por metro linear.

Para a adubação de plantio foi utilizado superfosfato simples na dose de 120 kg ha de P_2O_5 e cloreto de potássio na dose de 60 kg ha de K_2O . Levando em consideração os teores apresentados na análise de solo (Tabela 2). As adubações de fundação foram realizadas em fundo de sulco para todos os tratamentos e as de coberturas foram realizadas em duas etapas, aos 50 e aos 180 DAP, somente para os tratamentos que receberam nitrogênio, os tratamentos que receberam 50% da dose de nitrogênio recomendada na forma de Ureia foram adubados com 15 kg ha e 35 kg ha, na primeira e segunda adubação de cobertura, respectivamente, e o dobro dessa dosagem para o tratamento com 100% de nitrogênio recomendado na forma de Ureia.

Tabela 2. Análise de química e fertilidade do solo da área experimental, Areia PB, (2021).

pH	P	S	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	MO
	mg/dm ³			cmol _c /dm ³						g/kg	
6,0	2,26		27,26	0,05	4,72	0,05	3,11	1,11	4,34	9,06	21,79

Fonte: Arquivo pessoal.

Juntamente com a adubação de fundação distribuiu-se à lanço o fertilizante de algas na forma granulada, na dosagem de 200 kg ha. A inoculação com *Azospirillum brasiliense* foi realizada com inoculante na concentração de 2×10^{11} UFC L, com auxílio de um pulverizador costal em aplicação sobre os colmos no sulco após semeadura, na dosagem de 300 ml ha, de acordo com recomendações do fabricante, o volume de calda foi de 4 litros por parcela.

Feita a semeadura, realizou-se a aplicação de cupinicida a base de fipronil na concentração de 800 g kg, utilizando 15 gramas para 20 litros de água, essa aplicação foi realizada com pulverizador costal e em seguida fez-se o fechamento dos sulcos.

Foram demarcadas e avaliadas cinco plantas dentro das duas linhas centrais de cada parcela, sendo a avaliação realizada 210 DAP, em janeiro/2022.

3.5 PARÂMETROS AVALIADOS

Foram realizadas as avaliações de altura do colmo (AT), comprimento da folha (CP), largura de folha (LG), diâmetro de colmo (DT), número de entrenós (NE), folhas (NF) e planta por metro linear (NP), que seguem descritas abaixo:

- **ALTURA DO COLMO**

Foi obtida a altura média do colmo de cada unidade experimental, de cinco plantas por parcela, na qual foram mensuradas o comprimento da planta da base até a lígula da folha +1. A medição foi feita com o auxílio de uma trena e os dados obtidos em centímetros.

- **COMPRIMENTO E LARGURA DA FOLHA**

Mensurou-se, com uma trena e paquímetro, o comprimento e a largura média da folha. Foram avaliadas as folhas das cinco plantas, em seguida, feito uma média dos resultados, obtendo assim os dados em centímetros da área foliar, comprimento e largura.

- **DIÂMETRO DE COLMO**

Foram obtidos, com o uso de paquímetros manual e digital o diâmetro médio do colmo, com base na amostragem de três pontos (terço superior, terzo médio e terzo inferior) de cada colmo, de cinco plantas por parcela. Os dados foram obtidos em centímetros.

- **NÚMERO DE ENTRENÓ E FOLHAS**

Foram contados individualmente os números de entrenós e o número de folhas de cada uma das cinco plantas demarcadas em cada parcela.

- **PLANTA POR METRO LINEAR**

Foi feita a contagem do número de plantas dentro de 1 metro linear das duas linhas centrais e em seguida obtida a média.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F e posterior teste de médias pelos critérios de Tukey, a 5% de probabilidade e por fim, Análise de Componentes Principais (ACP), a estatística foi realizada pelo software estatístico R (*R Core Team*, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A da análise de variância (ANOVA) demonstrou que os diferentes tratamentos utilizados não influenciaram significativamente ($p \leq 0,05$) nas variáveis analisadas, com exceção da largura de folha (LG) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para altura de colmo (AT), comprimento de folha (CP), diâmetro de colmo (DT) e largura de folha (LG), número de entrenós (NE), folhas (NF) e planta por metro linear (NP) de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio						
		AT	CP	DT	LG	NF	NE	NP
Tratamentos	6	141.30 ^{ns}	12.215 ^{ns}	0.104 ^{ns}	0.114 [*]	0.563 ^{ns}	0.518 ^{ns}	1.076 ^{ns}
Blocos	3	231.87 ^{ns}	27.714 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.146 [*]	0.253 ^{ns}	0.821 [*]	0.712 ^{ns}
Resíduo	18	107.744	21.371	0.039	0.043	0.264	0.195	0.472
C.V. (%)		6.9	2.8	6.4	5.8	7.2	6.0	13.9

ns, *, ** - não significativo, significativo à $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

Destaca-se que maiores valores de comprimento (CP) e largura de folhas (LG) são importantes por refletir em maior área foliar das plantas de cana-de-açúcar. De modo que, maior área foliar, repercute em maior aparato fotossintético, condições importantes para se atingir maior desenvolvimento e produtividade dessa cultura (SIMÕES *et al.*, 2017).

Tabela 4. Comprimento (CP) e largura (LG) de folhas de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes.

Tratamentos	CP	LG
	cm	
<i>Azospirillum</i> T2	134 a	2.90 ab
Uréia 100% N T3	137 a	3.16 a
<i>Azospirillum</i> + Algas T4	135 a	2.66 b
<i>Azospirillum</i> + Uréia 50% N T5	136 a	2.80 ab
Algas + Uréia 50% N T6	132 a	2.77 ab
<i>Azospirillum</i> + Algas + Uréia 50% N T7	133 a	3.04 ab
Testemunha T1	135 a	2.90 ab

Médias seguidas de letras semelhantes na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Embora diferenças significativas não tenham sido obtidas para os diferentes tratamentos sob o comprimento de folhas, em médias absolutas, o tratamento com Ureia 100% de N proporcionou os melhores resultados. Ainda, estatisticamente o uso desse mesmo

tratamento foi superior ao da associação *Azospirillum* + algas para a largura de folhas (Tabela 4).

Os resultados obtidos com o uso de Ureia 100% de N podem ser associados a ação desse adubo nitrogenado nas plantas de cana-de-açúcar, visto que a oferta desse nutriente em quantidades adequadas propicia uma formação adequada de proteínas que constituem o tecido vegetal (GARCIA *et al*, 2013; ANDRADE, 2018; COSTA *et al*, 2019).

Tabela 5. Altura (AT), diâmetro (DT), número de entrenós (NE), número de folhas (NF) e planta por metro linear (NP) de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes.

	AT	DT	NE	NF	NP
	----- cm -----		-	-	-
<i>Azospirillum</i> T2	121 a	2.70 a	5.65 a	6.40 a	3.40 a
Uréia 100% N T3	109 a	2.33 a	5.60 a	5.85 a	4.60 a
<i>Azospirillum</i> + Algas T4	123 a	2.38 a	6.30 a	5.40 a	3.75 a
<i>Azospirillum</i> + Uréia 50% N T5	127 a	2.27 a	6.20 a	5.80 a	4.55 a
Algas + Uréia 50% N T6	119 a	2.60 a	6.25 a	5.50 a	3.85 a
<i>Azospirillum</i> + Algas + Uréia 50% N T7	125 a	2.58 a	5.40 a	5.30 a	3.35 a
Testemunha T1	117 a	2.57 a	5.95 a	5.90 a	4.30 a

Médias seguidas de letras semelhantes na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Os dados resultantes das variáveis de altura (AT), diâmetro (DT), número de entrenós (NE), número de folhas (NF) e planta por metro linear (NP), não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 5).

Somado a isso, Costa *et al.* (2011), afirmam que a variedade da planta em consonância com os fatores ambientais são cruciais no crescimento das culturas agrícolas. No presente trabalho foi possível observar um crescimento lento até os 210 DAP.

Além disso, no mês de janeiro de 2021, em que as plantas estavam em pleno desenvolvimento vegetativo e período de coleta dos dados, observou-se uma temperatura elevada para a região de aproximadamente 24 °C e uma precipitação de 60 milímetros (Figura 6), isso pode ter causado estresse nas plantas e influenciado nos resultados obtidos. Altas temperaturas e baixos teores de umidade no solo na época da adubação nitrogenada por cobertura pode interferir a eficiência do adubo para a cultura, principalmente quando se utiliza Ureia, uma formulação bastante concentrada e volátil (FENNER, *et al.*, 2014).

O genótipo da planta utilizada é outro fator que deve ser levado em consideração, isso, pois, tem uma íntima influência no sucesso da inoculação conforme Lira *et al.* (2020), explicaram em seu trabalho dois genótipos diferentes de cana-de-açúcar sendo utilizados sob inoculação com diferentes bactérias diazotróficas, a resposta foi diferente em razão a características genéticas da planta que favorecem a simbiose resultando em benefícios para a planta.

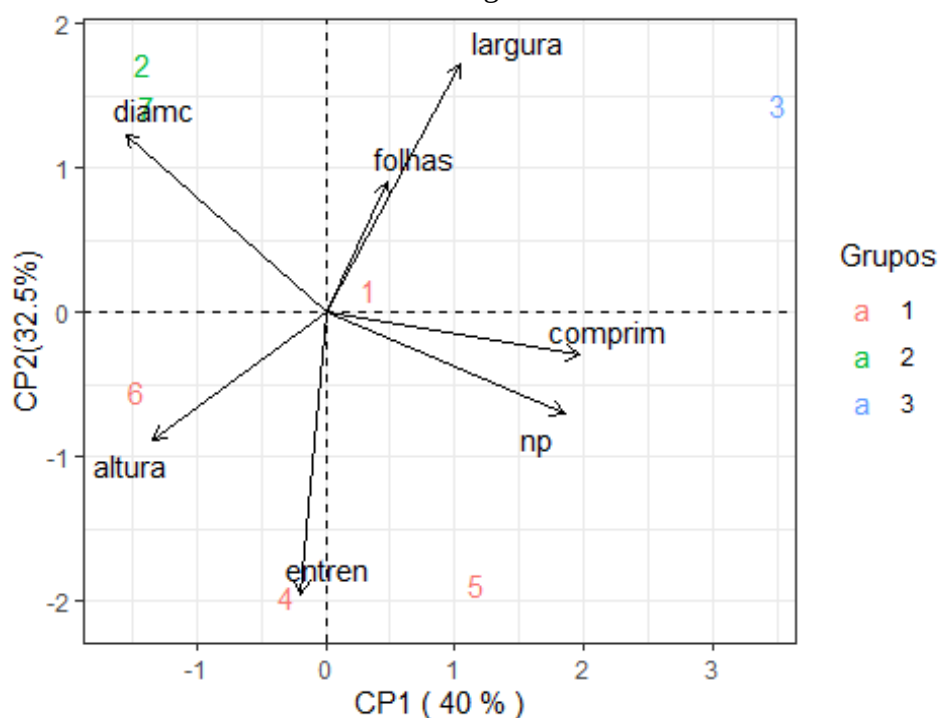
A altura da planta apresenta três níveis de desenvolvimento, sendo o primeiro a fase de crescimento lento, posteriormente a fase de crescimento rápido e por fim retomando o crescimento lento (MACHADO *et al.*, 1982). Entretanto, de acordo com as características genótípicas podem ocorrer diferenças no desenvolvimento (LACERDA *et al.*, 2019), podendo ter sido o caso ocorrido para a variedade analisada, a RB041443.

Em médias absolutas, maiores alturas de plantas foram obtidas com o uso dos tratamentos a base de *Azospirillum* associado ao fertilizante a base de alga e o adubo nitrogenado (T7) e a adubação com Ureia 50% de N (T5). Esses resultados podem ser atribuídos a associação da bactéria em consonância à aplicação de N. Resultados semelhantes foram obtidos por Gírio *et al.* (2015), no qual se verificou que a inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas resultou no aumento da altura das plantas de cana-de-açúcar apenas quando esteve associado à aplicação de nitrogênio.

Oliveira *et al.* (2004), não obtiveram diferença significativa no diâmetro médio dos colmos de variedades de cana-de-açúcar do primeiro aos 135 DAP, com diferenças sendo observadas apenas a partir do 279 DAP, o que demonstra que variedades com melhores condições de formar colmos com diâmetros maiores são aquelas que emitem menores números de perfilho na fase de perfilhamento. Para Farias *et al.* (2001), é de extrema importância no desenvolvimento de colmos e no acúmulo de sacarose a eficiência no uso da água na cultura da cana-de-açúcar.

O número de entrenós por planta pode resultar em uma maior ou menor produtividade da cultura, o que pode ser ocasionado por uma baixa taxa de absorção dos nutrientes quando a adubação é feita de forma precoce, ou seja, antes do desenvolvimento total do sistema radicular da cultura (LACERDA *et al.*, 2019).

Figura 8. Análise de componentes principais (ACP) de cana-de-açúcar (RB041443) com diferentes aplicações de fertilizantes, agrupados em diferentes níveis de em relação aos índices vegetativos.



Elipses: Grupo 1 = T1: testemunha (sem inoculação, sem aplicação de fertilizante de algas e sem adubação com nitrogênio); T4: *Azospirillum* + fertilizante de algas; T5: *Azospirillum* + Uréia 50% de nitrogênio; T6: fertilizante de algas + Ureia 50% de nitrogênio; Grupo 2 = T2: *Azospirillum*; T7: *Azospirillum* + fertilizante de algas + Ureia 50% de nitrogênio; Grupo 3 = T3: Ureia 100% de nitrogênio.

A Análise de Componentes Principais (ACP) (Figura 8), foi responsável por explicar 72,5% da variação original dos dados em seus dois eixos (CP1 e CP2). Para o eixo 1, que teve 40% da explicação, observou-se associação significativa de largura de folha (LG), número de folhas (NF), comprimento (CP) e número de plantas (NP). Para esse eixo, destaca-se a os tratamentos T3 pelo uso de Ureia 100% nitrogênio que se associou a maiores valores de LG, NF, CP e NP e o T5 pelo uso *Azospirillum* + Ureia 50% de nitrogênio, com maiores valores de NP.

Esse resultado pode ser explicado pela utilização da Ureia como fonte de nitrogênio, levando em consideração que esse macronutriente é o segundo mais extraído pela cultura da cana-de-açúcar e o mais limitante para o crescimento e desenvolvimento da cultura (TRIVELIN, 2000).

Já para o eixo 2, que explicou 32,5% da variação dos dados, observou associação significativa nas variáveis diâmetro, altura e número entrenós. Havendo para esse eixo destaque os tratamentos T2 e T7 pelo uso de *Azospirillum* e *Azospirillum* + fertilizante de

algas + Ureia 50% de nitrogênio, com maiores valores de diâmetro de colmo (DT), podendo ser associado a utilização de bactérias como inoculantes. Pereira *et al.* (2013), observaram contribuições em graus diferentes pelas *Azospirillum* nos seus tratamentos, colocando a genética da planta como um dos principais fatores a influenciar nessa variação.

Para as variáveis altura (AT) e número de entrenós (NE), os tratamentos que se demonstraram mais significativos foram o tratamento T6 utilizando fertilizante de algas + Ureia 50% de nitrogênio e o tratamento T4 com *Azospirillum* + fertilizante de algas, respectivamente, indicando que possivelmente o fertilizante à base de algas pode ter sido eficiente. Assim como Deshmukh e Phonde (2013), avaliando o efeito do extrato de algas marinhas no desenvolvimento vegetativo e produtividade da cana-de-açúcar, observaram resultados promissores, visto que sua aplicação possibilitou o aumento no número de perfilhos e no crescimento das plantas, o que resultou em aumento da produtividade e produção de açúcar.

A análise de componentes principais (ACP) é um método eficiente quando comparado ao método da análise de variância, principalmente para as variáveis que apresentem comportamentos cíclicos, ou seja, de forma periódica (CRUZ; REGAZZI,1997).

5 CONCLUSÕES

A variável largura de planta foi a única que apresentou resposta positiva no desenvolvimento da planta com associação de algas marinhas.

A Fixação Biológica com *Azospirillum brasiliense* não influenciou no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar variedade RB041443 nas condições ambientais do experimento.

A aplicação do fertilizante de algas a base de *Lithothamnium* não apresentou ação das bactérias com relação ao desenvolvimento da planta.

Apenas este trabalho não é suficiente para avaliar o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar em resposta a fixação biológica em associação a diferentes aplicações de fertilizantes, sendo necessário sua repetição em outras épocas de plantio de maneira a obter melhores resultados.

REFERÊNCIAS

- AGROADVANCE. **Cana-de-açúcar e a perda de nitrogênio**. 2020. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/como-evitar-a-perda-de-n-por-volatilizacao-nos-canaviais/>. Acesso em: 1 abr. de 2023.
- 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.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. J. A.; ALMEIDA, M. M.; ALMEIDA, É. V.; CARNEIRO, A. O. T.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, L. J. S. Use of the photosynthesis inducer “start foton” in sugarcane culture. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 29621-29632, 2022.
- ALMEIDA, M. C.; CASTRO MONTEIRO, E.; CABALLERO, S. S. U. Potencial produtivo e fixação biológica de nitrogênio em variedades comerciais de cana-de-açúcar. **Anais da Semana Científica Johanna Döbereiner**, 2021.
- ALVES, Nery; ELEONORA, Ana. Technological mapping of ridesa sugar cane cultivarsbased on varietal census 2016/2017, in the state of Alagoas/Brazil. **Revista INGI - Indicação Geográfica e Inovação** v. 2, n. 3, p. 164–174 , 2016.
- AMMAR, E. E.; AIOUB, A. A.; ELESawy, A. E.; KARKOUR, A. M.; MOUHAMED, M. S.; AMER, A. A.; EL-SHERSHABY, N. A. Between current situation and future prospective. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, p. 3083-3096, 2022.
- ANDRADE, R. P. A.; PADUA, O. G. S.; JANEGITZ, M. C.; REIS, W.; GALLI, G. A.; SILVA, C. A.; CARDOSO, N. V. Desenvolvimento de mpb de cana de açúcar em função do uso de nitrogênio e torta de filtro no solo. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. Especial, p. 06-12, 2018.
- ARRUDA, P. Perspective of the sugarcane industry in Brazil. **Tropical Plant Biology**, v. 4, n. 1, p. 3-8, 2011.
- BADRI, D. V; WEIR, T. L; VAN DER LELIE, D; VIVANCO, J. M. “Rhizosphere chemical dialogues: plant-microbe interactions. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 20, n. 6, p. 642–650, 2009.
- BRANDT. **Cana-de-açúcar**. 2023. Disponível em: <https://brandtbrasil.com/cultura/cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar/>. Acesso em: 2 abr. de 2023.
- CAIEIRO, J. T.; PANOBIANCO, M.; BESPALHOK FILHO, J. C.; OHLSON, O. D. C. Pureza física e germinação de sementes (cariopses) de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2 p. 140-145, 2010.
- CAMPO & NEGÓCIOS. **O nitrogênio e a cana-de-açúcar – Como acertar na fonte e dose**. 2016. Disponível em: <https://globalfert.com.br/noticias/culturas/o-nitrogenio-e-a-cana-de-acucar-como-acertar-na-fonte-e-dose/>, consultado dia 01 de abril de 2023.

CAMPO, R.J.; ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, 48:154-163, 2009.

CHEN, D.; LI, Z.; YANG, J.; ZHOU, W.; WU, Q.; SHEN, H.; AO, J. Seaweed extract enhances drought resistance in sugarcane via modulating root configuration and soil physicochemical properties. **Industrial Crops and Products**, v. 194, p. 116321, 2023.

CHUNHAWONG, K.; CHAISAN, T.; RUNGMEKARAT, S.; KHOTAVIVATTANA, S. 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 ABASTCIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 8, n. 1, 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTCIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Brasília, DF, v. 11, 2023.

COSTA, A. R. F. C.; ROLIM, M. M.; NETO, D. E. S.; SILVA, M. M.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R. Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, v. 24, n. 1, p. 38-53, 2019.

COSTA, J. T. **Aplicação de extrato de algas como alternativa de fertilizante**. 2016. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/aplica%C3%A7%C3%A3o-de-extrato-algas-como-alternativa-toniello-da-costa>. Acesso em 04 de abr. de 2023.

D'HONT, A.; SOUZA, G. M.; MENOSSI, M.; VINCENTZ, M.; VAN-SLUYS, M. A.; GLASZMANN, J. C.; ULIAN, E. Sugarcane: a major source of sweetness, alcohol, and bio-energy. In: Genomics of tropical crop plants. **Springer**, p. 483-513, 1999.

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. (Ed.) Sugarcane improvement through breeding. **Elsevier**, v. 11, p. 7-84. v. 11, 1987.

DESHMUKH, P. S.; PHONDE, D. B. Effect of seaweed extract on growth, yield and quality of sugarcane. **International Journal of Agricultural Sciences**, v. 9, n. 2, p. 750-753, 2013.

DIAS, G. T. M. Granulados bioclásticos – algas calcárias. **Brazilian Journal of Geophysics**. v. 18, 2000.

DIAS, M. S.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, F. A.; FREITAS, A. B. T. M.; SANTOS, R. H. S.; DANTAS, E. A.; MAGALHÃES, J. V. A.; SILVA, I. J.; ARAUJO, J. R. E. S.; SANTOS, J. P. O. 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.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 02 abr. de 2023.

FENNER, W.; DALLACORTE, R.; MODOLO, A. J.; JÚNIOR, S. S.; DIAS, V. R. M. Comportamento agroclimático e efeitos da época de aplicação de adubação nitrogenada na

cultura de arroz de terras altas no estado de Mato Grosso. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 3, 2014.

FERREIRA, S. S.; NISHIYAMA, M. Y.; PATERSON, A. H.; SOUZA, G. M. Biofuel and energy crops: high-yield Saccharinae take center stage in the post-genomics era. **Genome Biology**, v. 14, n. 6, p. 1-12, 2013.

FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express**, v.8, p.73, 2018.

GARCIA, J. C.; VITORINO, R.; AZANIA, C. A. M.; SILVA, D. M.; BELUCI, L.R. Inoculação de bactérias diazotróficas no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar, variedade RB 867515. **Nucleus**, v.10, n.1, 2013.

GÍRIO, L. A. S.; DIAS, F. L. F.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; SCHULTZ, N.; BOLONHEZI, D.; MUTTON, M. A. Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 33-43, 2015

GONÇALVES, M. C.; SILVA, K. C.; SILVA OLIVEIRA, C. E.; STEINER, F. Nitrogênio e *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 72-81.

HAFLE, O. M.; Santos, V. A.; Ramos, J. D.; Cruz, M. C. M.; Melo, P. C. Produção de mudas de mamoeiro utilizando bokashi e lithothamnium. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 245-251, 2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculação com cepas selecionadas de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* melhora rendimentos de milho e trigo no Brasil. **Planta e solo**, p. 413 – 425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. 37p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 abr. de 2023.

JACOMASSI, L. M.; OLIVEIRA VIVEIROS, J.; OLIVEIRA, M. P.; MOMESSO, L.; SIQUEIRA, G. F.; CRUSCIOL, C. A. C. A seaweed extract-based biostimulant mitigates drought stress in sugarcane. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

KAKU, H. Histopathology of red stripe of rice. **Plant Disease**, v. 88, p. 1304- 1309, 2004.

KAPOORE, R. V.; WOOD, E. E.; LLEWELLYN, C. A. Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. **Biotechnology Advances**, v. 49, 2021.

KARTHIKEYAN, K.; SHANMUGAM, M. The effect of potassium-rich biostimulant from seaweed *Kappaphycus alvarezii* on yield and quality of cane and cane juice of sugarcane var.

Co 86032 under plantation and ratoon crops. **Journal of Applied Phycology**, v. 29, n. 6, p. 3245-3252, 2017.

KUREPIN, L. V.; ZAMAN, M.; PHARIS, R. P. Phytohormonal basis for the plant growth promoting action of naturally occurring biostimulators. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 9, p. 1715–1722, 2014.

LACERDA, A. R. S.; SOUZA, A. R.; SANTOS, T. M.; CLEMENTE, J. M.; DUARTE, A. R.; MACHADO, M. G. Produtividade da cana-de-açúcar em resposta a adubação NPK em diferentes épocas. **Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM)**, v. 1, n. 18, 2019.

LAL, N. Micropropagated Plants as Alternative Planting Material to Sugarcane Setts. **Indian Journal of Biology**, v. 8, n. 1, p. 27-30, 2021.

LINO, A. C. M. **Fixação biológica de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar com *Azospirillum brasilense* e na compatibilidade com agroquímicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

LIRA, D. N. S.; ARAUCO, A. M. S.; BOECHAT, C. L.; MOITINHO, M. R.; LACERDA, J. J.; MARTINS, E. C. Bactérias diazotróficas associativas inoculadas em cultivares de cana-de-açúcar: implicações em atributos morfofisiológicos e nutrição vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, 2020.

LOPES, V. R.; BESPALHOK FILHO, J. C.; FIGUEIREDO, G. G. O.; OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E. Interação entre famílias de cana-de-açúcar e bactérias promotoras de crescimento de plantas em dois ciclos de cultivo. **Semina Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 527-38, 2019.

MELO, P. C.; Neto, A. E. F. Avaliação do lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 508-519, 2003.

NASCIMENTO, T. R.; NASCIMENTO, R. C.; OLIVEIRA, K. G.; ESCOBAR, I. E. C.; SIMOES, W. L.; FERNANDES JUNIOR, P. I. Caracterização fenotípica de bactérias Diazotróficas Endofíticas isoladas da cana-de-açúcar cultivada em Juazeiro, BA. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **simpósio de mudanças climáticas e desertificação no semiárido brasileiro**, 4., 2015, Petrolina. Experiências e oportunidades para o desenvolvimento. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

NOBILE, F. O.; FARINELLI, R.; JUNIOR, F. K.; PESSI, G. H. P. Aplicação de calcário em superfície: estudo da influência nas propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico sob o cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 20, n. 2, p. 99-108, 2017.

OSÓRIO, C.; MACHADO, S.; PEIXOTO, J.; BESSADA, S.; PIMENTEL, F. B., C.; ALVES, R.; OLIVEIRA, M. B. P. Pigments content (chlorophylls, fucoxanthin and phycobiliproteins) of different commercial dried algae. **Separations**, v. 7, n. 2, p. 33, 2020.

PEREIRA, W.; LEITE, J. M.; HIPÓLITO, G. S.; SANTOS, C. L. R.; REIS, V. M. Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 363-370, 2013.

R Core Team; R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>. 2019.

RAZA, G.; ALI, K.; HASSAN, M. A.; ASHRAF, M.; KHAN, M. T.; KHAN, I. A. Sugarcane as a bioenergy source. In: **Sugarcane Biofuels**. Springer, 2019. p. 2019.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. D.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, p. 214-226, 2013.

SANTOS, R.; GRZEGOSZEWSKI, D. M.; AZEREDO, A. R.; AZEREDO, R. P.; AZEREDO, C. A. F. Fixação biológica de nitrogênio com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho Biological nitrogen fixation with *Azospirillum brasilense* in corn. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 49830-49847, 2022.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F. de; SILVA, J.A. da; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA, R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J.B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agronômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.I.], v. 47, p. 261-268, 2012.

SCHULTZ, N.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada: fontes nitrogenadas, formas de aplicação, épocas de aplicação e efeito varietal. **Embrapa, Documentos 298**, 2015.

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

SERAFIM, R. F.; YABUKI, L. N. M.; QUELUZ, J. G. T.; GALDEANO, L. R.; GARCIA, M. L. Efeitos da aplicação de vinhaça na fertilidade do solo. **IRRIGA**, v. 26, n. 2, p. 439-459, 2021. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n2p439-459>

SILVA, J. H. B.; NASCIMENTO, M. A.; SILVA, A. V.; NETO, F. P.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. M.; MIELEZRSKI, F. Brotação inicial, teor de sólidos solúveis e índice de maturação da cana-de-açúcar submetida à adubação com torta de filtro enriquecida. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 32575-32592, 2021.

SILVA, J. H. B.; ALMEIDA, L. J. M.; SOUZA SILVA, E.; BARBOZA, J. B.; FARIAS, G. E. S.; ANJOS DANTAS, É. Uso de vinhaça concentrada e enriquecida como biofertilizante na cana-de-açúcar: Uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 2, 2023.
SIMÕES, W. L.; OLIVEIRA, A. R.; REIS, V. M.; PEREIRA, W.; LIMA, J. A. Aplicação de bactérias diazotróficas via sistema de irrigação para fixação biológica de nitrogênio na cana-de-açúcar. **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 1, p. 45-51, 2018.

SINGH, A.; LAL, U. R.; MUKHTAR, H. M.; SINGH, P. S.; SHAH, G.; DHAWAN, R.K. Phytochemical profile of sugarcane and its potential health aspects. **Pharmacognosy Reviews**, v. 9, n. 17, p.45, 2015.

SINGH, R. B.; MAHENDERAKAR, M. D.; JUGRAN, A. K.; SINGH, R. K.; SRIVASTAVA, R. K. Assessing genetic diversity and population structure of sugarcane cultivars, progenitor species and genera using microsatellite (SSR) markers. **Gene**, v. 753, 2020.

TRINDADE, V. D. R. **Aplicação de extrato de algas e bactérias promotoras de crescimento via foliar e por inoculação de sementes em sorgo dupla aptidão**. 2021. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, 2020.

TRIVELIN, P.C.O. **Utilização do nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com traçado 15N**. 2000, Tese (Livre-docência em Isótopos Estáveis) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

VITTI, A. C.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; ROSSETO, R. Nitrogênio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2008. 882p.

YAKHIN, O. I.; LUBYANOV, A. A.; YAKHIN, I. A.; BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 2049, 2017.

ZEFFA, D. M.; Perini, L. J.; Silva, M. B.; Sousa, N. V.; Scapim, C. A.; Oliveira, A. L. M.; Amaral Júnior, A. T.; Gonçalves, L. S. A. *Azospirillum brasilense* promotes increases in growth and nitrogen use efficiency of maize genotypes. **Plosone**, 2019.