

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EDVALDO AGUIAR DE OLIVEIRA JÚNIOR

**CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADA COM *Azospirillum brasiliense* E ASSOCIADA
COM FERTILIZANTE DE ALGAS E URÉIA**

AREIA

2022

EDVALDO AGUIAR DE OLIVEIRA JÚNIOR

**CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADA COM *Azospirillum brasiliense* E ASSOCIADA
COM FERTILIZANTE DE ALGAS E URÉIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Orientador: Fábio Mielezrski

Área de concentração: Agricultura tropical

Linha de pesquisa: Ciência e tecnologia da produção de culturas

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48c Oliveira Júnior, Edvaldo Aguiar de.
Cana-de-açúcar inoculada com Azospirillum
brasiliense e associada com fertilizante de algas e
uréia / Edvaldo Aguiar de Oliveira Júnior. -
Areia:UFPB/CCA, 2022.
33 f. : il.

Orientação: Fábio Mielezrski.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Inculante. 3. Nitrogênio. 4.
Fixação biológica. 5. Cálcio. I. Mielezrski, Fábio. II.
Título.

UFPB/CCA-AREIA CDU 631/635(043.3)

EDVALDO AGUIAR DE OLIVEIRA JÚNIOR

CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADA COM *Azospirillum brasiliense* E ASSOCIADA COM
FERTILIZANTE DE ALGAS E URÉIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

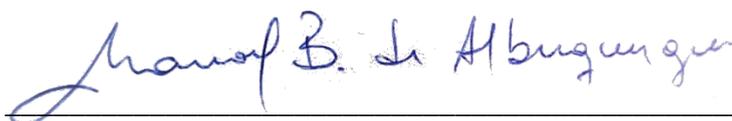
Aprovado em: 17/11/2022

Comissão examinadora



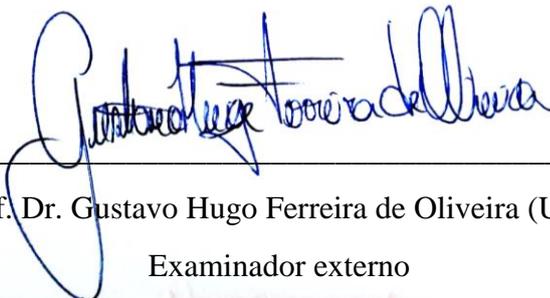
Prof. Dr. Fabio Mielezski (UFPB – CCA)

Presidente – Orientador



Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque (UFPB-CCA)

Examinador interno



Prof. Dr. Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira (UFS)

Examinador externo

AREIA

2022

Dedico a meus pais Edvaldo e Tânia, aos meus irmãos Tiago e Thamiris e a minha esposa Michelle, por todo carinho, amor e incentivo dedicados a mim em toda essa etapa importante da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por todas as oportunidades e conquistas a mim concedidas;

A meus pais Tânia e Edvaldo (Didi) pelo amor e por toda dedicação e incentivo aos meus estudos desde as primeiras séries estudantis;

A minha esposa Michelle, pela compreensão, incentivo durante todo o período dessa etapa de pós-graduação;

Ao Professor Doutor e Orientador Fábio, pela orientação, pela confiança e pelos conhecimentos adquiridos;

A UFPB e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de cursar um mestrado;

A colega Talytha por ter se dispendido a me informar sobre a oportunidade, a colega Milene por ter contribuído com sua ajuda na implantação do experimento e a colega Geisa pela ajuda nas avaliações;

Ao Professor Doutor Gustavo Hugo pela amizade e disponibilidade em contribuir com sua orientação na análise estatística;

Ao colega Bruno Rafael pela amizade e sua contribuição no resumo;

Ao professor Walter pela contribuição na parte de análises estatísticas;

Ao colaborador da UFPB, Alexandre (Churiu) por sua ajuda dada em campo nas operações de trato e colheita;

Ao grupo de estudos Gesucro pela ajuda na implantação e avaliações;

A CAPES pela bolsa de estudos concedida durante o período de mestrado;

A comissão avaliadora pelas contribuições a essa dissertação.

RESUMO

OLIVEIRA JÚNIOR, Edvaldo Aguiar de. **CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADA COM *Azospirillum brasiliense* E ASSOCIADA COM FERTILIZANTE DE ALGAS E URÉIA.**

Areia – PB, 2022. 37 p. Trabalho de obtenção do título de mestre em agronomia – Universidade Federal da Paraíba.

A cultura da cana-de-açúcar por ser uma das mais produzidas no Brasil e por ser extraída toda a parte aérea da planta da área de cultivo apresenta uma alta demanda principalmente por fertilizantes nitrogenados, devido a isso busca-se alternativas como a utilização de bactérias como a *Azospirillum brasiliense* a partir da inoculação, por sua capacidade fixadora de nitrogênio. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum* e ainda a sua associação com doses de nitrogênio e fertilizante de algas, nos fatores de rendimento da cultura. O experimento foi realizado 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 ao acaso 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, foram avaliados o nitrogênio total foliar, cálcio foliar, clorofila, sólidos solúveis, diâmetro de colmo e toneladas de cana por hectare. Os dados foram processados pelo software R, submetidos a análise de variância e teste Tukey. Não houve influência dos tratamentos nas variáveis analisadas, exceto o diâmetro de colmo, nitrogênio total e cálcio foliar, que apesar da diferença estatística não influenciou na produtividade de cana. A inoculação com *Azospirillum brasiliense* não influenciou na produtividade da cana-de-açúcar variedade RB041443. A aplicação do fertilizante de algas a base de *Lithothamnium* não apresentou influência na ação das bactérias de maneira a melhorar a produtividade.

Palavras-chaves: inculante; nitrogênio; fixação biológica; cálcio; bioclástico; *Saccharum officinarum*.

ABSTRACT

OLIVEIRA JÚNIOR, Edvaldo Aguiar de. **SUGARCANE INOCULATED WITH *Azospirillum brasiliense* AND ASSOCIATED WITH ALGAE FERTILIZER AND UREA**. Areia – PB, 2022. 37 p. Work to obtain the title of Master Degree in Agronomy – Federal University of Paraíba.

The sugarcane crop is one of the biggest agricultural productions in Brazil. A particularity of the harvest process is that the entire aerial part of the plant crop is extracted at once which demands the high use of nitrogen fertilizers. This way, a common practice is to increase nitrogen fixing capacity with the use of bacterias such as the *Azospirillum brasiliense* from inoculation. The objective of this work is to evaluate the effect of inoculation with *Azospirillum* associated to different doses of nitrogen and algae fertilizer on crop yield factors. The experiment was carried out in the Experimental Farm Chã de Jardim, CCA/UFPB, Areia-PB, during one year in the sugarcane plant stage. The design of the experiment 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. The planting was carried out at the density of twelve buds per meter with a spacing of 1.20 m between furrows. The inoculation was carried out in the furrow. The topdressing fertilizations with nitrogen were performed in two stages in topdressing. The variety used was RB041443, total leaf nitrogen, leaf calcium, chlorophyll, soluble solids, stem diameter and tons of sugarcane per hectare were evaluated. Data were processed by R software, submitted to analysis of variance and Tukey test. As a result, there was no influence of treatments on the variables analyzed, except for stem diameter, total nitrogen and leaf calcium, which despite the statistical difference did not influence sugarcane yield. The inoculation with *Azospirillum brasiliense* did not influence the productivity of the sugarcane variety RB041443. The application of algae fertilizer based on *Lithothamnium* did not influence the action of bacteria in order to improve productivity.

Keywords: inoculant; diazotrophic; biological fixation; calcium; bioclastic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da área colhida. Fonte: CONAB 2021	12
Figura 2: Fazenda experimental Chã de Jardim, do CCA/UFPB, Areia-PB	18
Figura 3: Temperatura média mensal (°C) e precipitação (mm) durante o período do experimento (2021/2022), Areia-PB. Fonte: Inmet (2022)	19
Figura 4: Teor de cálcio (cmol/dm ³) nas folhas de cana-de-açúcar aos 270 dias após o plantio (2022). Letras iguais correspondem à média idênticas pelo teste Tukey a 5%	22
Figura 5: Nitrogênio total (mg/kg) em folhas cana planta aos 270 dias após plantio (2022). Letras iguais correspondem à média idênticas pelo teste Tukey a 5%	23
Figura 6: Diâmetro de colmo (mm) em cana-de-açúcar (2022). Letras iguais correspondem à média idênticas pelo teste Tukey a 5%	24
Figura 7: Produtividade de cana-de-açúcar (t/ha), cana planta, (2022). Letras iguais correspondem à média idênticas pelo teste Tukey a 5%	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média dos teores de duas amostras de fertilizante de algas (%), (Fonte: Melo e Neto, 2003)	16
Tabela 2: Análise de química e fertilidade do solo da área experimental, Areia,-PB (2022). 20	
Tabela 3: Resumo da análise variância das variáveis cálcio foliar, nitrogênio total foliar e índice de clorofila na cana-de-açúcar	21
Tabela 4: Resumo da análise variância para as variáveis de rendimento na cana-de-açúcar, cana planta	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3. OBJETIVOS	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
6. CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas produzidas no Brasil, a expectativa nacional de área a ser colhida na safra 2022/23 está em torno de 8.127,7 mil hectares, dada sua importância para a produção de açúcar, etanol e outros derivados. A produtividade média deve ficar próximo de 70,5 t/ha e a produção total passará das 570 mil toneladas (CONAB, 2022).

Por ser uma cultura anual de ciclo longo e onde toda a parte aérea da planta é exportada da área, grandes quantidades de nutrientes são extraídas do solo, havendo a necessidade de repor esse déficit nas safras subsequentes. É apontado que cerca de 260 kg/ha e 120 kg/ha de nitrogênio são retirados pelas plantas nas fases de cana planta e cana soca, respectivamente (BAPTISTA *et al*, 2014).

O mercado de fertilizantes é muito instável, devido a sua produção controlada e ao alto custo de produção, essa instabilidade pode ocasionar forte impacto na rentabilidade da produção, ao passo que a demanda desse insumo tem sido crescente ano após ano, chegando a aumentos no consumo da ordem de 40% em menos de dez anos (CONAB, 2017).

O alto custo dos fertilizantes associado ao impacto ambiental negativo ocasionado pelo seu uso excessivo, têm incentivado as buscas por alternativas para suprir a necessidade da planta ou pelo menos parte dela. Em relação ao nutriente nitrogênio, uma das principais vias estudadas é o uso de microrganismos que promovam o crescimento da planta e consequentemente aumentos na produtividade (HUNGRIA *et al* 2010).

Dentre os principais microrganismos que podem fazer associação com a cana-de-açúcar estão algumas bactérias diazotróficas, como a *Herbaspirillum*, *Burkholderia*, *Gluconacetobacter* e outras, sendo as do gênero *Azospirillum* as mais estudadas para essa relação (BALDANI e BALDANI, 2005). Essas bactérias têm a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e disponibilizar para a planta, além de também estimular a produção de fitormônios, favorecendo assim o crescimento das plantas. 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).

A contribuição da fixação biológica de nitrogênio - FBN por *Azospirillum* em diversos trabalhos é bastante variável, no entanto pode chegar a um benefício em torno de 40 kg/ha de nitrogênio em cultivos de campo (URQUIAGA *et al*, 2012). Essa variação depende de

diversos fatores como a temperatura, umidade, pH, nutrientes, genótipos e outros. A *Azospirillum brasiliense* é uma das bactérias que podem promover FBN, estimula a produção de ácido indol acético - IAA, favorecendo 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).

Algumas condições de solo podem ser melhoradas de maneira a reduzir a variação no estabelecimento de bactérias diazotróficas. Os fertilizantes à base de algas marinhas são insumos que podem ser utilizados para isso, são compostos naturais extraídos de acúmulos de algas mortas calcificadas no fundo do mar, rico em cálcio, magnésio e vinte outros elementos em teores variáveis, incluído ferro, cobre, zinco e molibdênio, além de apresentar uma alta porosidade que confere uma maior superfície específica (DIAS, 2000).

Também pode ser utilizado como um excelente corretivo, dada a sua concentração com 462,7 g/kg de CaO e 42,3 g/kg de MgO, além de uma excelente solubilidade no solo (MELO e NETO, 2003). Podendo melhorar o pH, proporcionando 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). Outra característica do fertilizante de algas que favorece a estabilidade microbiana é a sua porção orgânica, composta por aminoácidos e vitaminas.

As pesquisas existentes são muito variáveis quanto à contribuição da inoculação com *Azospirillum* no suprimento de nitrogênio para as culturas. A importância desses benefícios é de grande impacto nos sistemas de produção, visto que é uma alternativa de custo mais baixo que os fertilizantes químicos nitrogenados disponíveis no mercado, que corresponde a um custo elevado tanto para a aquisição como para a aplicação desse insumo.

O efeito dessa simbiose no suprimento total de nitrogênio demandado pela planta é de forte impacto econômico positivo, contudo por menor que seja a sua contribuição ela é importante, e a sua quantificação poderá nortear outros estudos e manejos da cultura no futuro.

Tendo em vista os benefícios proporcionados pela *Azospirillum brasiliense* e levando em consideração a grande variação nesse processo de simbiose, por conta de fatores como pH, temperatura, umidade, nutrientes disponíveis, genótipos, etc., é importante desenvolver estratégias que possibilitem o melhor estabelecimento dessas bactérias na rizosfera,

proporcionando um ambiente favorável para seu desenvolvimento, a utilização do fertilizante de algas é bastante promissora devido as suas características físico-químicas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Importância econômica da cana-de-açúcar

Um das culturas mais produzidas no Brasil e de fundamental importância para a economia nacional, o país chegou a produzir mais de 700 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2017, ocupando a terceira maior área de produção agrícola, ficando abaixo do milho e da soja, essa área é distribuída em mais de 3 mil municípios, configurando assim uma cultura bastante difundida (DIAS, 2021).

Considerada uma das grandes alternativas para a obtenção de biocombustíveis, a cana-de-açúcar é uma das culturas mais difundidas no Brasil. Com relação a área colhida na safra de 2020/2021, o total foi de mais de 8 milhões de hectares, sendo que a região sudeste é responsável por mais de 50% dessa área, tendo crescido mais de 1,5 milhões de hectares nos últimos 15 anos. Nesse mesmo período a região nordeste manteve o mesmo patamar de tamanho de área colhida, com pouca variação, que chega a mais de 800.000 hectares, ficando como a terceira região com maior área colhida na safra 2020/2021 (Figura 1) (CONAB, 2021).

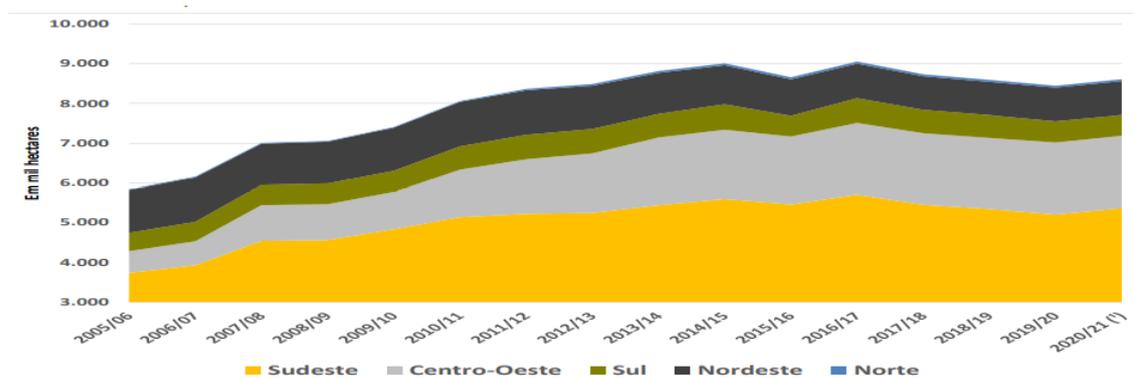


Figura 1: Evolução da área colhida. Fonte: CONAB 2021.

A área colhida na safra 2021/2022 chegou aos 847,4 mil hectares e a estimativa é que a área continue a crescer na safra 2022/2023, podendo chegar aos 868,0 mil hectares em todo o Nordeste (CONAB, 2022).

Os principais produtos derivados da cana-de-açúcar são o etanol, açúcar, rapadura, aguardentes, açúcar mascavo e melado, sendo os dois primeiros os principais e os de maior

demanda. O etanol apresentou uma demanda crescente nos últimos 15 anos devido à explosão na fabricação de veículos flex. O Brasil também tem se tornado o principal exportador desses produtos, a Europa e a Ásia são os maiores importadores de etanol e açúcar, respectivamente, absorvendo mais da metade do que é exportado pelo Brasil para o mundo (DIAS, 2021).

Para o estado da Paraíba a cultura da cana-de-açúcar se destaca como a principal cultura agrícola produzida. Distribuída em 2600 unidades produtoras dentre pequenos, médios e grandes produtores, o volume produzido em 2017 passa dos 5 milhões de toneladas (IBGE, 2017), constitui também a cultura de maior valor econômico para o Estado (IBGE, 2020).

A maior produtividade média é registrada na região Norte do Brasil, em torno de 85,6 toneladas por hectare, a média de produtividade nordestina é aproximadamente 58,8 toneladas por hectare. Só a Paraíba produziu mais de 354 milhões de litros de etanol e mais de 120,9 mil toneladas de açúcar na safra 2021/2022, considerando uma área cultivada de 117,2 mil hectares com produtividade média de aproximadamente 48,5 mil kg/ha de cana-de-açúcar (CONAB, 2022).

Aspectos fisiológicos, climáticos e nutricionais da cana-de-açúcar

É considerada uma planta semiperene da família *Poaceae* e do gênero *Saccharum*, com relação ao seu metabolismo fotossintético está classificada como planta C4, possui grande quantidade de sacarose nos tecidos dos colmos, característica essa que a faz ser bastante explorada. Morfologicamente as raízes são fasciculadas, suas folhas são lanceoladas e não possuem pecíolo, são dispostas ao longo do colmo com fileiras de forma opostas e alternadas. Possui quatro fenofases bem definidas sendo elas a brotação, perfilhamento, crescimento e maturação (SOBRINHO *et al*, 2019). O mecanismo C4 faz com que a planta controle a condutância estomática e a transpiração quando em concentrações adversas de gás carbônico (MARIN; NASSIF, 2013).

A fase da brotação é a mais lenta do ciclo, onde ocorre a emissão das primeiras partes aéreas de acordo com a disponibilidade de água e nutrientes no solo; o perfilhamento pode durar até 120 dias, fase em que ocorre a multiplicação dos perfilhos que posteriormente serão reduzidos em número na terceira fase de desenvolvimento que é a de crescimento, momento mais importante pois é a etapa em que a planta acumula a maior parte da matéria seca; e a quarta fase que é a de maturação, onde a planta reduz suas taxas de crescimento e passa a acumular sacarose nos tecidos de reserva em preparação para o florescimento (MARAFON, 2012).

A temperatura ótima para o bom desenvolvimento do cultivo é entre 28 e 34°C, as regiões onde o clima possui duas estações bem definidas são as ideais para um bom desempenho em todas as fases da fenologia da planta (ROBERTO, 2015).

Após o primeiro ciclo de cultivo, o que se encerra com o corte dos colmos depois de pelo menos um ano, a cana segue outros ciclos produtivos anuais que consiste na rebrotação das cepas remanescentes, dando origem a novos colmos chamados de cana soca ou soqueira, em média são colhidos de cinco a seis ciclos para posterior renovação do canavial devido as gradativas perdas de produtividade (SEGATO *et al*, 2006).

Os principais fatores climáticos que afetam a produtividade da cana são a disponibilidade hídrica bem distribuída seguida de meses relativamente secos, o que ajuda na produção e concentração da sacarose, aliado ainda a radiação solar e a temperatura. Bastante tolerante a temperaturas altas, podendo ter um bom desempenho em regiões onde a média chega a 35°C. A fase de perfilhamento e crescimento são as mais exigentes em disponibilidade hídrica, durante o todo o ciclo, volumes pluviométricos bem distribuídos entre 1100 e 1500 milímetros são os ideais (FRANCISCO *et al*, 2017).

As condições químicas de solo mais favoráveis para uma boa produção agrícola da cana-de-açúcar constituem-se de um pH em torno de 5,5 a 6,0, saturação de bases a 60% e um bom balanço entre nitrogênio e potássio associado a teores de cálcio, ferro, cobre e zinco, esses nutrientes são os mais limitantes quanto à produtividade, independentemente de como o solo for manejado (EMBRAPA, 2012).

O suprimento de nitrogênio para a cultura é realizado em todos os ciclos, principalmente na fase de crescimento, de maneira que esse nutriente é fundamental para o acúmulo de matéria seca e desenvolvimento dos colmos, esse fornecimento é realizado com a aplicação de fertilizante mineral, principalmente na forma de ureia (VIEIRA *et al*, 2010). Além de favorecer a produção de biomassa pela planta, esse elemento também contribui para a melhor eficiência no uso da água (ANDRADE, 2018).

Fixação Biológica de Nitrogênio na Cana-de-açúcar

***Azospirillum brasiliense* e seus benefícios**

As bactérias do gênero *Azospirillum* são organismos de vida livre e encontradas em quase todos os lugares do planeta, são endofíticas facultativas e tem a capacidade de realizar fixação biológica de nitrogênio, capaz de romper a tripla ligação da molécula de nitrogênio

gasoso, o que a grande maioria dos seres vivos não são capazes de fazer, a partir dessa quebra forma-se os compostos de amônia, também denominadas diazotróficas por essa capacidade, essas bactérias podem se associarem por diversos graus de especificidade com o hospedeiro (HUNGRIA, 2011).

A infecção ocorre principalmente na região da rizosfera, podendo a bactéria ter especificidade diversas de acordo com o hospedeiro, em plantas de metabolismo C4 a colonização ocorre tanto na superfície das raízes, na filosfera e predominantemente no cilindro central (BALDANI *et al*, 1981; HUNGRIA, 2011).

Pela ação de realizar a fixação biológica de nitrogênio, a *Azospirillum* pode representar um importante papel para a nutrição de plantas, como biofertilizantes, bioestimuladores, mitigadores de estresse biótico e abiótico, essas bactérias têm um extenso espectro podendo fazer associação com centenas de espécies de plantas por uma determinada afinidade (ZEFFA *et al*, 2019).

A partir da fixação biológica do nitrogênio a concentração desse elemento se eleva nos tecidos das plantas. Este é o primeiro mecanismo proposto para relacionar o crescimento da planta com a presença das bactérias, em seguida a condição de favorecer a estimulação para a ocorrência de fitormônios vegetais como auxinas, giberelinas e citocininas, os quais são hormônios de crescimento que promovem o melhor desenvolvimento da planta (CASSÁN; ZORITA, 2016).

Apesar de ser a bactéria mais estudada depois das *Rizóbios*, somente em 2009 foi comercializado no país o primeiro inoculante comercial a base de *Azospirillum*, utilizado em inúmeras espécies para inoculação e co-inoculação, como no caso das leguminosas. Com o tempo outras características foram atribuídas a essas bactérias, como o benefício também na solubilização de fosfatos, além de mitigar efeitos da salinidade e seca (FUKAMI *et al*, 2018).

Dentre todos os benefícios da *Azospirillum* o que mais chama atenção é sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio em associação com gramíneas, tanto que as principais espécies com genomas já sequenciados foram obtidos de raízes de gramíneas como por exemplo a *A. brasilense* Sp245 que foi isolada a partir do trigo e constitui uma das linhagens mais estudadas no mundo, outra é a *A. lipoferum* 4B que foi obtida da rizosfera do arroz, a *A. brasilense* CBG497 foi isolada da rizosfera de plantas de milho e a *A. brasilense* Sp7 foi isolado por Joana Dobereiner de plantas de capim-pangola (CASSÁN; ZORITA, 2016).

Os primeiros ensaios que levaram a identificação da *Azospirillum* foram realizados em solos da região sul do Brasil, e com a expansão agrícola os solos do cerrado foram sendo testados para a seleção de estirpes com maior poder de sobrevivência nesses solos tendo mostrado excelentes resultados (HUNGRIA, 2011).

A inoculação de espécies de *Poaceae* influenciou no rendimento e características fisiológicas de maneira positiva em várias pesquisas, evidenciando aumento na produtividade e melhorando o desenvolvimento das plantas pela ação de metabolismos fisiológicos diversos, os incrementos em produtividade são variáveis nas diferentes culturas, como milho (SPOLAOR *et al*, 2016; DUARTE *et al*, 2021), trigo (MUNARETO *et al*, 2019; PALMERO *et al*, 2020), forrageiras (AGUIRRE *et al*, 2020), arroz (FERNANDES *et al*, 2021) e sorgo (NAVAL *et al*, 2017).

Especificamente em cana-de-açúcar interessantes resultados também estão sendo encontrados em resposta à associação com bactérias *Azospirillum* e outras bactérias diazotróficas, da mesma forma com contribuição na produtividade de colmos e melhorias no metabolismo devido a ações de fitormônios (ALVES *et al*, 2015; LIRA *et al*, 2020).

Fertilizante de algas: características e utilização

O *Lithothamnium* é um gênero de algas calcárias do grupo das algas vermelhas (DIAS, 2000), que quando sedimentadas compõe carbonatos de granulação grossa que são constituídos principalmente por carbonatos que é retirado de depósitos do fundo do mar da costa continental, no Brasil a região nordeste é muito rica, geralmente essa camada mais dura é recoberta por uma biomassa de algas marinhas (NASCIMENTO *et al*, 2010; HAFLE, *et al*, 2009).

O Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de fertilizante de algas, após o material ser retirado do fundo do mar é depositado em pátios por tempo variável, em seguida o material é moído e seco ao ar quente (BERNARDES *et al*, 2016). O material tem alta porosidade, maior que 40%, permitindo uma maior superfície específica de atuação, além disso é rico em elementos essenciais à planta (Tabela 1), principalmente cálcio, podendo chegar até 89% da sua composição (DIAS, 2000; NASCIMENTO, *et al*, 2010; BERNARDES, *et al*, 2016).

Si	Cl	Fe	S	K	P
10,8	2,84	0,32	0,51	0,93	0,19

Tabela 1: Média dos teores de duas amostras de fertilizante de algas (%), (Fonte: Melo e Neto, 2003).

Devido suas características a matéria prima do fertilizante de algas pode ser utilizado em diversas áreas como implante em cirurgias ósseas; potabilização da água a partir da sua filtração por uma camada granulada de *Lithothamnium*; tratamento de água por sua capacidade na precipitação da matéria orgânica; atuação na dietética como complemento alimentar; na indústria de cosméticos, na pecuária e na agricultura (DIAS *et al*, 2000).

Na alimentação animal é utilizado na composição de suplementos minerais, dada sua composição com cálcio, magnésio e fósforo, que são importantes minerais para a alimentação principalmente de vacas leiteiras. A utilização na agricultura também é uma realidade tendo como principal atrativo a grande concentração de cálcio e magnésio na sua composição apresentando $330,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de Ca; $25,4 \text{ g.kg}^{-1}$ de Mg, servindo de fonte para as plantas, auxiliando na demanda para composição das paredes celulares, além disso apresentou o poder de neutralização de 93,31% e é visto principalmente como um bom condicionador de solo, podendo aumentar o seu pH (DIAS, 2000; MELO; NETO, 2003).

Alguns trabalhos realizados com fertilizante de algas em culturas agrícolas foram desenvolvidos para identificar influências que sejam significativas no desenvolvimento e na produtividade das culturas, como em pitaia (MOREIRA *et al*, 2011), pimentão (EVANGELISTA *et al*, 2016) e mamão (HAFLE *et al*, 2009). Segundo esses trabalhos experimentais a utilização do fertilizante de algas contribuiu para um melhor desempenho das culturas.

Na cultura da cana-de-açúcar a utilização desse insumo também apresentou resultados promissores e satisfatórios como os demonstrados por Rodriguez *et al* (2018) em cana-soca. Nesse trabalho as doses de *Lithothamnium* sp. apresentaram efeitos significativos na produtividade e qualidade tecnológica da cana, demonstrando que doses entre 187 e 200 kg/ha de *Lithothamnium* sp foram as que refletiram melhores resultados na produtividade, o cálcio neutro com formação de quelatos pode ter influenciado a maior absorção do nutriente, no entanto a aplicação de doses maiores em solo com 70% de saturação de bases pode causar efeitos depressivos as plantas. Quanto a umidade do colmo e brix, essas também apresentaram melhores resultados quando da aplicação do *Lithothamnium* sp, na dose melhor recomendada o brix apresentou valor de 18,74%.

3. OBJETIVO

Avaliar a produtividade da cana-de-açúcar em resposta à inoculação a base de *Azospirillum brasiliense* e em associação com a aplicação de fertilizante de algas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na fazenda experimental Chã de Jardim, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizada sob coordenadas geográficas O 35° 44' 2.152'' e S 6° 58' 7.133'' e altitude de 582 m, no município de Areia-PB, na região do Brejo paraibano (Figura 2).

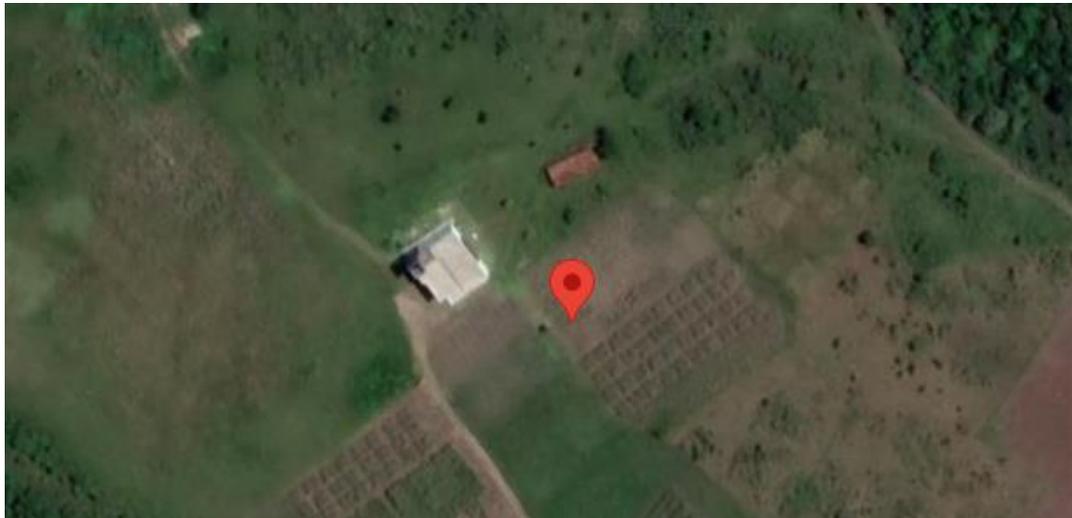


Figura 2: Fazenda experimental Chã de Jardim, do CCA/UFPB, Areia-PB.

O clima da região do experimento é caracterizado como quente e úmido com variação de temperaturas médias entre 22 e 26°C, 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). o solo do local do experimento é classificado como Neossolo Regolítico psamítico típico (DOS SANTOS *et al*, 2018).

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 3).

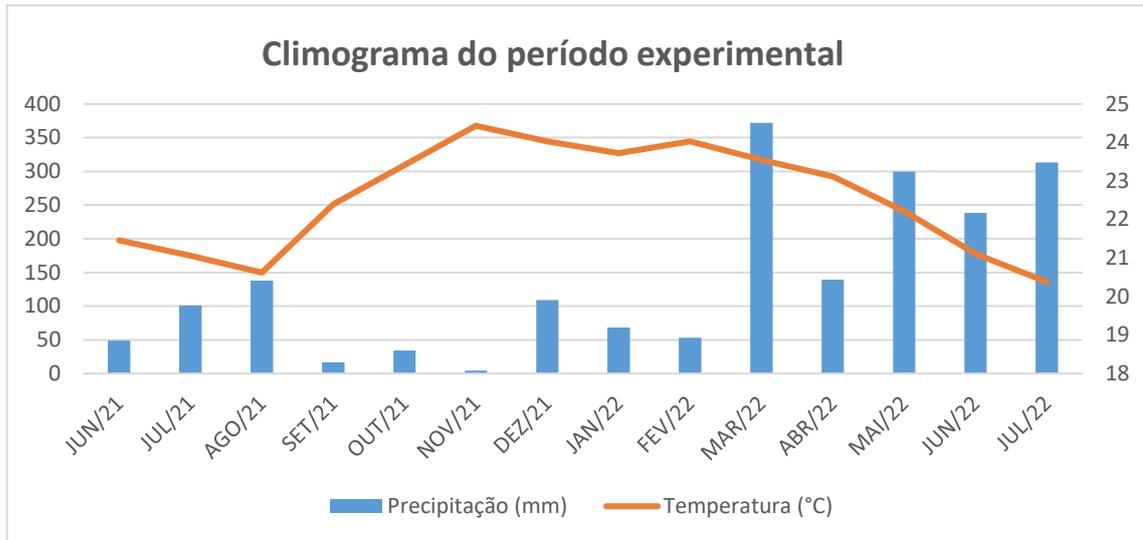


Figura 3: Temperatura média mensal (°C) e precipitação (mm) durante o período do experimento (2021/2022), Areia-PB. Fonte: Inmet (2022).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso 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: 100% de nitrogênio; T4: azospirillum + fertilizante de algas; T5: azospirillum + 50% de nitrogênio; T6: fertilizante de algas + 50% de nitrogênio e T7: azospirillum + fertilizante de algas + 50% de nitrogênio.

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 dias após o plantio, somente para os tratamentos que receberam nitrogênio, os tratamentos que receberam 50% da dose de nitrogênio foram adubados com 15 kg/ha e 35 kg/ha, na primeira e segunda cobertura, respectivamente, e o dobro dessa dosagem para o tratamento com 100% de nitrogênio.

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

Tabela 2: Análise de química e fertilidade do solo da área experimental, Areia,-PB (2022).

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/há, de acordo com recomendações do fabricante, o volume de calda foi de 4 litros por parcela.

Feita a semeadura, seguiu-se com o corte dos colmos em toletes de 0,30 m e inoculação, em seguida 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.

Análise foliar

As análises foliares para a verificação do teor de nitrogênio total na planta foi realizada aos 270 dias após semeadura, retirando-se 20 folhas por parcela, destacando os 20 centímetros centrais de cada folha, sem a nervura central (MARTINEZ *et al*, 1999), após isso foram acondicionadas em caixas térmicas e enviadas para laboratório externo.

Clorofila total

A aferição do teor de clorofila total foi realizada aos 240 dias, com o auxílio de um aparelho clorofilômetro, medidor portátil de campo, fazendo a leitura posicionando-o no terço médio da folha +1 (a primeira com aurícula visível), retirando a nervura foliar para melhor eficácia das leituras, foram coletados valores de cinco plantas em cada parcela.

Brix

Utilizando um refratômetro de campo foi aferido o brix da planta coletando-se o caldo da parte basal e apical do colmo, foram analisadas três plantas por parcela, a média dos dois valores foi utilizado para as análises (BRITO *et al*, 2013). As análises foram realizadas aos 365 dias após plantio.

Altura final de Plantas

Foi obtida a altura de planta de cada unidade experimental, mediu-se cinco plantas de cada parcela, onde cada planta foi mensurada da base até a lígula da folha +1 (a primeira a apresentar a lígula visível) (ARCOVERDE *et al*, 2019). A medição foi realizada com o auxílio de uma trena e os valores obtidos em metros.

Diâmetro médio do Colmo

Foram obtidos com o uso de paquímetro digital, o diâmetro médio do colmo, com base na amostragem de três pontos de cada colmo, em cinco plantas por parcela (ARCOVERDE *et al*, 2019).

Tonelada de Cana por Hectare (TCH)

A partir da pesagem dos colmos industrializáveis de cada parcela útil, utilizando-se balança digital de precisão, seguiu-se com o cálculo: $TCH = \text{Massa total da parcela (kg)} \times 10 / \text{Área útil da parcela (m}^2\text{)}$ (AZEVEDO *et al*, 2021).

Análises estatísticas

Para análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5%, os dados foram processados pelo software estatístico R (LIRA *et al*, 2020; FERNANDES *et al*, 2021).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os efeitos dos tratamentos para nitrogênio total e cálcio foliar apresentaram significância à 5% (Tabela 3),

Tabela 3: Resumo da análise variância para as variáveis de nitrogênio total, cálcio foliar e clorofila na cana-de-açúcar, cana planta.

VARIÁVEIS	FV					CV (%)
	GL		QM			
	Trat	Bloco	Trat	Bloco	Erro	
N total	6	3	741,4334 *	901,5711 *	217,984	12,08
Cálcio	6	3	1,8748 *	0,2828 ^{ns}	0,612	18,14
Clorofila	6	3	4,3776 ^{ns}	8,7587 ^{ns}	5,7628	7,04

ns = não significativo; ** = significativo a 1%; * significativo a 5% de probabilidade; FV: fator de variação; GL: graus de liberdade; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação.

O teor de clorofila verificado nas folhas manteve-se idêntico em todos os tratamentos analisados, apesar da aplicação de nitrogênio em alguns tratamentos e da possível colaboração da *Azospirillum*, os valores ficaram entre 32,67 e 35,86 ICF (índice falker de clorofila). A falta de significância pode ter sido ocasionada pelas doses de nitrogênio não terem sido suficiente para tal alteração ou por motivos de perda de nitrogênio por volatilização quando da adubação.

O nitrogênio por participar de inúmeras funções fisiológicas, constituir proteínas e ácidos e ser parte da molécula de clorofila, sendo possível relacionar que pela disponibilidade de nitrogênio através da adubação a planta possa expressar maiores teores de clorofila e produtividade, os resultados deste experimento mostraram valores semelhantes entre os tratamentos, o mesmo aconteceu com o trabalho de Garcia *et al* (2013), avaliando o teor de clorofila aos 60 e 90 dias, mesmo nos tratamentos adubados com fertilizantes nitrogenados.

Levando em consideração a utilização do fertilizante de algas, verificou-se o teor de cálcio foliar, onde o trato com aplicação de *Azospirillum* mais fertilizante de algas e mais 50% do nitrogênio foi superior a testemunha, sendo ambos idênticos à todos os demais tratamentos, o maior valor foi de 5,44 cmol/dm³ (Figura 4).

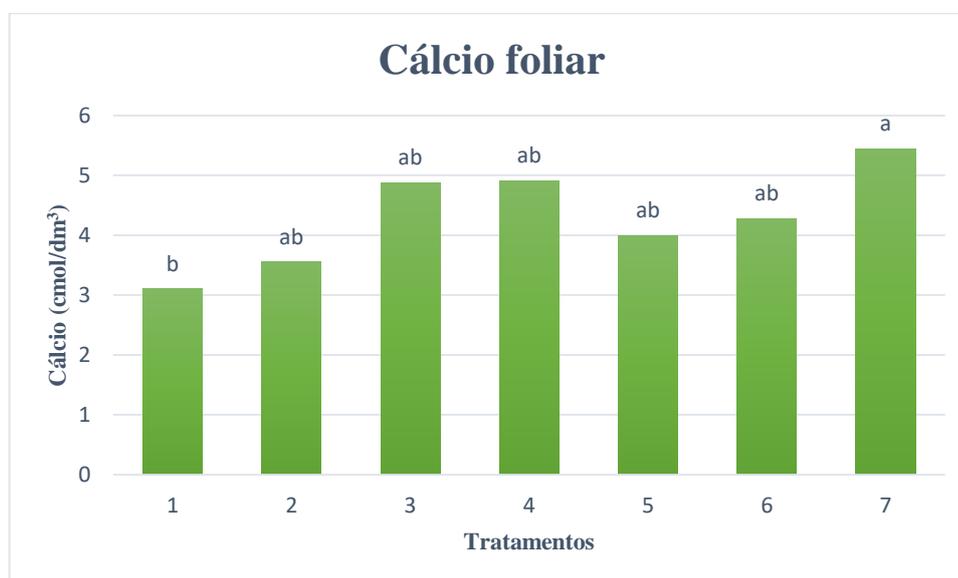


Figura 4: Teor de cálcio (cmol/dm³) nas folhas de cana-de-açúcar aos 270 dias após o plantio (2022). Letras iguais correspondem à médias idênticas pelo teste Tukey a 5%.

A maior concentração de cálcio foliar em relação à testemunha foi o tratamento 7 (inoculação + fertilizante de algas + 50% de N), uma vez que neste foi realizada a aplicação de fertilizante de algas, ao passo em que a testemunha nada foi utilizado.

Desta forma é possível atribuir essa concentração no tecido foliar à presença maior de cálcio no solo devido à utilização do fertilizante de algas, sendo assim a maior disponibilidade do nutriente e pela forma como ele reage no solo pode ter conferido à planta maiores teores do elemento no tecido foliar (EVANGELISTA *et al*, 2015; RODRIGUEZ *et al*, 2018).

O teor de nitrogênio total verificado em análise foliar aos 270 dias mostrou-se influenciado pelos tratamentos, o trato com a *Azospirillum* mais 50% do nitrogênio foi superior somente ao trato com a adubação de 100% de nitrogênio, sendo ambos idênticos aos demais tratos (Figura 5).

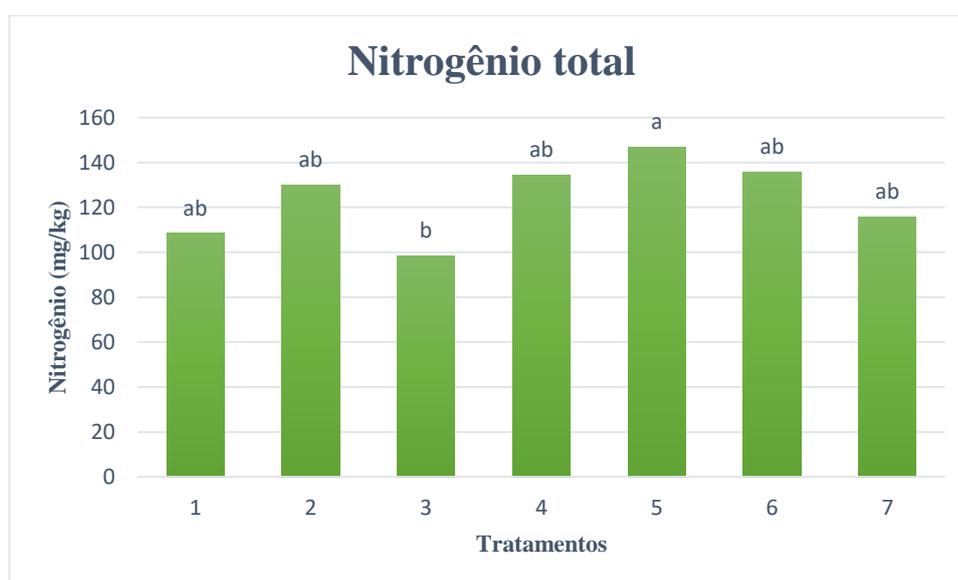


Figura 5: Nitrogênio total (mg/kg) em folhas de cana-de-açúcar aos 270 dias após o plantio (2022). Letras iguais correspondem à médias idênticas pelo teste Tukey a 5%.

Apesar da diferença significativa entre os dois tratamentos 3 e 7 é importante ressaltar que ambos não diferiram dos demais tratamentos, portanto estatisticamente iguais a todos os outros. O efeito da diferenciação do tratamento com apenas 50% da dose do nitrogênio + *Azospirillum* e do tratamento com 100% da dose de nitrogênio, pode ter sido ocasionado pela presença das bactérias.

Isso pode ser explicado pela contribuição da simbiose em benefício da planta quando esta é submetida a baixos teores de nitrogênio, uma vez que a ação das bactérias podem maximizar a utilização do nutriente pela planta, ou seja, pode melhorar a eficiência no uso do nutriente principalmente pela estimulação à produção de fitormônios, também verificado por Zeffa *et al*, (2019), o que é um efeito positivo no cultivo da cultura, embora isso não tenha refletido em maior TCH (tonelada de cana por hectare) nesse experimento.

Esses resultados diferem dos de Shultz *et al*, (2012), que apesar do tratamento com *Azospirillum* ser superior à testemunha manteve-se similar ao tratamento adubado com fertilizante nitrogenado.

Altura de planta, diâmetro de colmo, Brix e TCH

A análise de variância para os dados de rendimento apresentou efeito significativo para os tratamentos para a variável diâmetro do colmo, à 1% de significância, demonstrando um efetivo efeito dos tratamentos para esse quesito (Tabela 4).

Dessa forma, dentre as três variáveis de rendimento, a adubação e inoculação não influenciaram em maiores rendimentos, exceção para diâmetro de colmo.

Tabela 4: Resumo da análise variância para as variáveis de rendimento na cana-de-açúcar, cana planta.

VARIÁVEIS	FV					CV (%)
	GL		QM			
	Trat	Bloco	Trat	Bloco	Erro	
DC	6	3	4,9157 **	4,1957 *	1,1279	4,57
Brix	6	3	2,1189 ^{ns}	1,0225 **	1,3872	7,81
TCH	6	3	282,6675 ^{ns}	64,1887 ^{ns}	168,356	15,6

ns = não significativo; ** = significativo aa 1 %; * = significativo a 5% de probabilidade; FV: fator de variação; DC: diâmetro de colmo; TCH: tonelada de cana por hectare; GL: graus de liberdade; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação.

Os tratamentos 3 e 4, com aplicação de 100% de nitrogênio e inoculação mais fertilizante de algas, respectivamente, apresentaram maior diâmetro de colmo, superiores aos demais tratamentos que se igualaram entre si, com diâmetros abaixo de 24,0 mm (Figura 6).

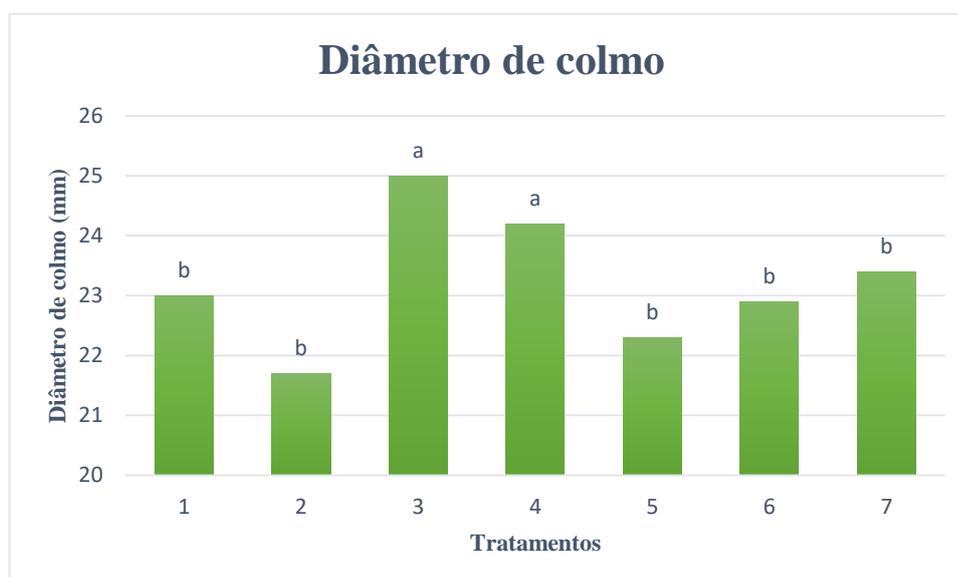


Figura 6: Diâmetro de colmo (mm) em cana-de-açúcar (2022). Letras iguais correspondem à média idênticas pelo teste Tukey a 5%.

O resultado para os dois melhores tratamentos demonstra que tanto na aplicação do adubo nitrogenado quanto somente com inoculação e aplicação de fertilizante de algas o acúmulo de tecido vegetal foi maior no sentido de aumentar o diâmetro do colmo, isso provavelmente pode ter sido influenciado pelo nitrogênio aplicado no tratamento 3, visto que o nitrogênio tem papel fundamental na constituição de proteínas que forma o tecido vegetal (GARCIA *et al*, 2013; ANDRADE, 2018; COSTA *et al*, 2019).

O tratamento 4 que somente recebeu a inoculação e fertilizante de algas foi também o mais eficiente junto ao tratamento que recebeu 100% da dose de fertilizante nitrogenado, indicando aí que possivelmente a inoculação pode ter sido eficiente no suprimento de nitrogênio para a planta, equivalente à aplicação de fertilizante, Pereira *et al*, (2013), detectaram diferentes graus de contribuição pelas *Azospirillum* nos seus tratamentos, colocando a genética da planta como um dos principais fatores a influenciar nessa variação. Outro fator que pode também ter influenciado ao tratamento inoculado ficar superior é a produção de fitormônios como auxinas e outros que estimulam o crescimento pelas plantas, assim como Shultz *et al* (2012) e Lira *et al* (2020), também explicaram em seus trabalhos.

No entanto essa superioridade não foi apresentada pelo tratamento 2 (somente com inoculação) sendo possível inferir que o fertilizante de algas possa ter atribuído algum efeito positivo no estabelecimento das bactérias, efeito este como melhorar o pH, disponibilizar vários nutrientes e a presença de sua porção orgânica na região da rizosfera, conforme características do insumo (DIAS, 2000; MELLO; NETO, 2003).

O teor de sólidos solúveis medidos em graus brix foram iguais estatisticamente para todos os tratamentos, sendo assim os tratamentos inoculados, adubados e testemunha não influenciaram para essa variável, apresentando valores entre 13,6 e 16,4°brix.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Dellabiglia *et al*, (2018), que também observou a não influência da inoculação com bactérias diazotróficas nos teores de sólidos solúveis em cana-de-açúcar, sendo que doses de nitrogênio podem promover um efeito de redução no acúmulo de sacarose e aumento no teor de umidade devido ao crescimento vegetativo.

Outro fator de pode ter influenciado no teor de sólidos solúveis na planta é a alta precipitação pluviométrica próximo ao dia de colheita, visto que o aumento da quantidade de água no solo causa um efeito de diluição dos teores de açúcares.

Quanto à produtividade da cana-de-açúcar em fase de cana planta, em toneladas por hectare, não houve diferença significativa entre as médias, indicando que nenhum dos tratamentos se sobressaiu em relação aos demais, a maior e a menor produtividade numericamente foram de 72,23 e 98,53 t/ha de cana-de-açúcar, respectivamente (Figura 7).



Figura 7: Produtividade de cana-de-açúcar (t/ha), cana planta, (2022). Letras iguais correspondem à médias idênticas pelo teste Tukey a 5%.

Trabalhos semelhantes a este também não apresentaram resultados diferenciados em produtividade de cana-de-açúcar quanto a inoculação com bactérias diazotróficas, inclusive *Azospirillum*, foram os casos de Dellabiglia *et al* (2018) e Gava *et al*, (2018), este último detectou que as principais fontes de nitrogênio absorvidas pela planta eram a de fertilizante sintético e da decomposição da matéria orgânica.

Mesmo tendo utilizado outra espécie do gênero *Azospirillum*, este resultado vai de encontro aos obtidos por Shultz *et al* (2016), por ocasião da fase de segunda soca, onde os tratamentos que foram inoculados foram superiores. Essa possível falta de eficiência da inoculação para com o resultado de produtividade pode ser associada ao baixo índice pluviométrico nos primeiros dias da implantação do experimento, o que pode ocasionar num comprometimento do estabelecimento das bactérias devido à baixa umidade presente no solo (DELLABIGLIA *et al*, 2018).

Outro fator que deve ser levado em consideração é o genótipo da planta utilizada, que tem uma íntima influência no sucesso da inoculação conforme Lira *et al*, (2020), que explicaram em seu trabalho utilizando dois genótipos diferentes de cana-de-açúcar sob inoculação com diferentes bactérias diazotróficas, onde a resposta foi diferenciada devido a características genéticas da planta que favorecem a simbiose resultando em benefícios para a planta.

A exceção do diâmetro de colmo, as demais variáveis analisadas não foram influenciadas não só pela inoculação, mas também pelas doses de nitrogênio aplicadas na forma de ureia. Normalmente a cana-de-açúcar na etapa de cana planta não é responsiva às adubações nitrogenadas, podendo esse efeito negativo ser minimizado com a aplicação nitrogenada no fundo do sulco na ocasião do plantio junto com os toletes, dessa maneira os resultados poderiam ser mais favoráveis (SHULTZ *et al*, 2016), o que não foi o caso do presente estudo, visto que a adubação com nitrogênio foi realizada em duas etapas, sendo a primeira somente aos 60 dias após o plantio.

Além disso, baixos teores de umidade no solo e altas temperaturas na época da adubação nitrogenada por cobertura pode comprometer a eficiência do adubo para a cultura, principalmente quando se utiliza ureia, uma formulação bastante concentrada e muito volátil (FENNER *et al*, 2014), os baixos índices de chuvas fazem com que o adubo aplicado não incorpore no solo, aliado as mais altas temperaturas no período do experimento que coincidiu com a época da segunda adubação de cobertura, potencializando a volatilização.

Pode ter existido ainda a inoculação natural por microrganismos já presentes no solo, ocorrendo concorrência onde normalmente os nativos tem mais eficiência, tornando a inoculação sem efeito, fator este que não foi avaliado por este estudo.

6. CONCLUSÃO

A inoculação com *Azospirillum brasiliense* não influenciou na produtividade em TCH da cana-de-açúcar variedade RB041443.

A aplicação do fertilizante de algas a base de Lithothamnium não apresentou ação das bactérias com reflexos no TCH.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, P. F.; GIACOMINI, S. J.; OLIVIO, C. J.; BRATZ, V. F.; QUATRIN, M. P.; SCHAEFER, G. M. Fixação biológica de nitrogênio e recuperação de N-ureia em pastagem de 'Coastcross-1' tratada com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, e01242, 2020.
- ALVES, G. C.; SOBRAL, L. F.; REIS, V. M. Rendimento de grãos de milho inoculado com bactérias diazotróficas com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 644 – 652, 2020.
- 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.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A.; ORLANDO, R. C.; SILVA, M. M.; NASCIMENTO, J M. Crescimento inicial de cultivares de cana-de-açúcar em plantio de inverno sob preparos conservacionistas do solo. **Engenharia na Agricultura**, v.27, n.2, p.142-156, 2019.
- AZEVEDO, M. C.; SILVA, E. S.; ALMEIDA, L. J. M.; ROSENO, B. H. B.; RIBEIRO, J. E. S.; NETO, D. E. S.; MIELEZRSKI, F. Productivity of sugar cane genotypes in response to the limestone application in microclimate of the brazilian semiarid. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e34710716784, 2021.
- BALDANI, J. I.; PEREIRA, P.A.A.; ROCHA, R.E.M.; DÓBEREINER, J. Especificidade na infecção de raízes por *Azospirillum* spp em plantas com via fotossintética C3 e C4. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 16, p. 325-330, 1981.
- BERNARDES, R. F. B.; CARDOSO, A. F.; BERNARDES, M. H. D.; LANA, R. M. Q. The effect of different sources of N combined with marine algae on corn plant development. **Australian Journal of Crop Science**, n. 10, p. 1393-1398, 2016.
- BRITO, T. R. C.; BARBOSA, T. F.; BARBOSA, J. A.; OLIVEIRA, C. R.; OLIVEIRA, W. F. Desempenho de sete genótipos de cana de açúcar de quinto corte na região sul do estado do Tocantins. **Revista Verde**, v. 8, n. 3, p. 78 - 83, 2013.

CASSÁN, F.; ZORITA, M. D. *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology & Biochemistry**, p. 117-130, 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 7, n. 4, p. 1-57, 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 9, n. 2, p. 1-58, 2022.

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.

DELLABIGLIA, W. J.; GAVA, G. J. C.; ARLANCH, A. B.; BOAS, L. R. V.; CANTARELLA, H.; ROSSETTO, R. Produtividade de cana-de-açúcar fertirrigada com doses de n e inoculadas com bactérias diazotróficas. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2018.

DIAS, F. F. Alguns elementos sobre a cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil. **Geosul**, v. 36, n. 79, p. 116-142, 2021.

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

DOS SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., DOS ANJOS, L. H. C., DE OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ... & CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

DUARTE, J. P.; RUFF, O. J.; SANTOS, C. L. R. Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum* brasileiro sob doses de nitrogênio em solo arenoso. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 8, 2021.

EMBRAPA. Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas. **Potencial Pedológico do Estado de Alagoas para Culturas Agrícolas**. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n. 10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 123p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77202/1/Relatorio-PotPedologico.pdf>. Acesso em: 04 de fevereiro 2022.

EVANGELISTA, A. W. P.; SÁ, A. R. M.; JÚNIOR, J. A.; CASAROLI, D.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, J. L. M. Irrigation and lithothamnium fertilization in bell pepper cultivated in

organic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.9, p.830-835, 2016.

EVANGELISTA, A. W.; ALVES, J.; CASAROLI, D.; RESENDE, F. Desenvolvimento inicial da mamoneira, girassol e nabo forrageiro adubados com Lithothamnium. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 40–48, 2015.

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.

FERNANDES, J. P. T.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, M. A.; SILVA, G. B. Efeito de microrganismos na performance do arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.3, p.156-162, 2021.

FERNANDES, J. P. T.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, M. A.; SILVA, G. B. Effects of beneficial microorganisms on upland rice performance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.3, p.156-162, 2021.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. Potencial pedoclimático do estado da Paraíba para a cultura da cana de açúcar (*Saccharum* spp). **Geo UERJ**, n. 30, p. 343-363, 2017.

FUKAMI, J.; CERZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **ABM Express**, p. 2-12, 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.

GAVA, G. J. C.; SCARPARE, F. V.; CANTARELA, H.; KÖLLN, O. T.; CORRÊA, S. T. R.; ARLANCH A. B.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen source contribution in sugarcane-inoculated plants with diazotrophic bacterias under urea-N fertigation management. **Sugar Tech - Springer**, v. 21, p. 1-9, 2018.

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. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Embrapa Soja, Documentos 325, p. 36, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017.** Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_pb.pdf. Acesso em: 02/02/2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária 2020.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pb>. Acesso em: 02/02/2022.

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, e0190155, 2020.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento de cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos 168, p. 29, 2012.

MARIN, F. e NASSIF, D. S. P. 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.

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.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; MARQUES, V. B. Produção e qualidade de frutos de pitaiavermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. E, p. 762-766, 2011.

MUNARETO, J. D.; MARTIN, T. N.; FIPKE, G. M.; CUNHA, V. S.; ROSA, G. B. Alternativas do manejo nitrogenado com uso de *Azospirillum brasilense* em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00276, 2019.

NASCIMENTO, F, S.; FREIRE, G. S. S.; MIOLA, B. Geochemistry of marine sediments of the brazilian northeastern continental shelf. **Brazilian Journal of Oceanography**, n. 58, p. 1-11, 2010.

NAVAL, N. G.; VERA, L.; NEME, F. L.; GONZÁLEZ, P. F.; DUCCA, A. S.; ULLIVARRI, J. F.; ROMERO, E. R.; TORTORA, M. L. Evaluación de la cepa *Azospirillum brasilense* Az39 como biofertilizante para el cultivo de sorgo azucarado. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**. n. 94, p. 31-39, 2017.

PALMERO, F.; HANG, S. B.; BIGATTON, E. D.; LUCINI, E.; DAVIDENCO, V.; DÍAZ-ZORITA, M. Modificaciones en el crecimiento temprano de trigo (*Triticum aestivum* L.) en presencia de *Azospirillum brasilense* y de *Pseudomonas psychrophila*. **Agriscientia**, v. 37, p. 53-62, 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.

PESSOA, R. M. S.; GOIS, G. C.; COSTA, D. C. C. C.; SILVA, A. P. R.; SANTOS, R. N. Caracterização do perfil dos consumidores de carne caprina comercializada no município de Areia – PB. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.16, n.01, p.8364-8369, 2019.

ROBERTO, G. G. **Fisiologia da maturação de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): sinalização e controle do metabolismo de produção e armazenamento de sacarose**. Tese (Agricultura Tropical e Subtropical) – Doutorado, CAMPINAS-SP, 2015.

RODRIGUEZ, W. D. M.; EVANGELISTA, A. W. P.; JÚNIOR, J. A.; LEANDRO, W. M.; DOMINGOS, M. V. H.; CASAROLI, D. Lithothamnium e vinhaça na produção de cana-de-açúcar orgânica irrigada e de sequeiro. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 390-401, 2018.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Cp. 2, p. 19-36, 2006.

SHULTZ, N.; MORAIS, R. F.; SILVA, J. A.; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R. P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; JÚNIOR, J. B. C.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.2, p. 261-268, 2012.

SHULTZ, N.; PEREIRA, W.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. S. Produtividade e diluição isotópica de ¹⁵N em cana-de-açúcar inoculada com bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1594-1601, 2016.

SOBRINHO, O. P. L.; SILVA, G. S. S.; PEREIRA, A. I. S.; SOUSA, A. B. S.; JÚNIOR, W. L. C.; SANTOS, L. N. S. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**. v. 12, n. 4, p. 1605-1625, 2019.

SPOLAOR, L. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SANTOS, O. J. A. P.; OLIVEIRA, A. L. M.; SCAPIM, C. A.; BERTAGNA, F. A. B.; KUKI, M. C. Bactérias promotoras de crescimento associadas a adubação nitrogenada de cobertura no desempenho agrônômico de milho pipoca. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p.33-40, 2016.

VIEIRA, M. X.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; RAFAEL OTTO, R.; FARONI, C. E. Ammonium chloride as nitrogen source in sugarcane harvested without burning. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.

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. **Plos One**, 2019.