

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA

**INOCULANTES MICROBIANOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E
VARIÁVEIS TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Doutoranda: Elizabete Lourenço Pires

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie

Co-orientadores:

Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares

Dra. Veridiana Cardoso Gonçalves Cantão

RIO VERDE, GO

Agosto, 2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA

**INOCULANTES MICROBIANOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E
VARIÁVEIS TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Doutoranda: Elizabete Lourenço Pires

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie

Tese apresentada como partes das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA no Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias- Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano- Campus Rio Verde, Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável do Cerrado.

RIO VERDE, GO

Agosto, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

P667	Pires, Elizabete Lourenço INOCULANTES MICROBIANOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR / Elizabete Lourenço Pires. Rio Verde- GO 2025. 36f. il. Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie. Tese (Doutor) - Instituto Federal Goiano, curso de 0232014 - Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia - Rio Verde (Campus Rio Verde). I. Título.
------	--



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 43/2025 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

INOCULANTES MICROBIANOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS TECNOLÓGICAS
DA CANA-DE-AÇÚCAR

Autora: Elizabete Lourenço Pires

Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie

TITULAÇÃO: Doutorado em Ciências Agrárias - Agronomia, Área de Concentração
em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em 08 de agosto de 2025.

Prof. Dr. Edson Luiz Souchie (Presidente)

Prof. Dr. Adriano Jakelaitis (Avaliador interno)

Prof. Dr. Jadson Belem de Moura (Avaliador externo)

Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto (Avaliador interno)

Prof. Dr. Ricardo de Castro Dias (Avaliador externo)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Edson Luiz Souchie**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 11/08/2025 09:24:17.
- **Aurelio Rubio Neto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 11/08/2025 10:24:53.
- **Adriano Jakelaitis**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 11/08/2025 10:42:01.
- **Ricardo Dias, Ricardo Dias - Professor Avaliador de Banca - Fesurv - Universidade de Rio Verde (01815216000178)** , em 11/08/2025 13:50:17.
- **Jadson Belem de Moura, Jadson Belem de Moura - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 13/08/2025 19:32:03.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 30/07/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 727430

Código de Autenticação: 8a504010f5



Aos meus queridos:

Cícero Marcelo Pereira de Oliveira (esposos),

Heitor Lourenço de Oliveira (filho),

Eliene Afonso Pires (mãe)

Rones Dias da Costa e Vitória Prado Pires Pereira (colegas de trabalho).

OFEREÇO

À Agropecuária Nova Gália, Usina Nova Gália e Colaboradores

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos concedidas. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, por abrir as portas.

Ao orientador e amigo Edson Luiz Souchie, pelas orientações sempre pertinentes e por ter acreditado em minha capacidade. Aos coorientadores Frederico Antônio Loureiro Soares e Veridiana Cardoso Cantão.

À minha mãe Eliene Afonso Pires ao meu esposo Cícero Marcelo Pereira de Oliveira e ao meu filho Heitor Lourenço de Oliveira.

Aos meus amigos de pós-graduação, especialmente Raquel Neta, pela parceria e companheirismo.

À Agropecuária Nova Gália Ltda, junto com Usina Nova Gália Ltda, por financiar todo meu projeto, em especial Jean Luc Paquereau e Rones Dias da Costa.

Aos colaboradores Vitória Prado Pires Pereira, Marcio Dutra e Carlos Henrique, que contribuíram para o desenvolvimento dessa tese.

Ao Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO/FAPEG), ao CNPq e ao IF Goiano – Campus Rio Verde, pela infraestrutura disponibilizada para execução deste trabalho.

Agradeço, por fim, à banca examinadora da tese pelas contribuições pertinentes.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Elizabete Lourenço Pires, nascida em Acreúna-GO em 03 de janeiro de 1994. Concluiu o ensino fundamental e médio no ano de 2011 no Colégio Estadual Domingos Alves Pereira na cidade de Acreúna-GO. Iniciou o Bacharelado em Agronomia na Faculdade São Luís de Montes Belos em 2013 e, no ano de 2015, transferiu-se para a Universidade de Rio Verde-GO, concluindo em 2018. Em 2018, iniciou Pós-Graduação *Lato sensu* na Faculdade Faveni em Agricultura Orgânica e na Faculdade Dom Alberto em Agricultura de Precisão, concluindo-as em 2019. Em 2020 ingressou no mestrado do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade de Rio Verde-GO, concluindo em 2022. Em março de 2022, ingressou no doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do IF Goiano - Campus Rio Verde e defendeu sua tese em agosto de 2025.

ÍNDICE GERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABELAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES.....	iv
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 Objetivos	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.2 Objetivos Específicos.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Experimento em vasos.....	9
3.2 Aplicação dos tratamentos.....	11
3.3 Avaliações do experimento em vasos	11
3.4 Experimento em campo	12
3.5 Aplicação dos tratamentos	12
3.6 Avaliações dos experimentos	13
3.7 Análise estatística	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Experimento em vasos	15
4.2 Experimento em campo	17
5 CONCLUSÕES	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo (Latossolo Vermelho distrófico, 0 a 20 cm), antes da implantação do experimento em vasos com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).	10
Tabela 2. Tratamentos aplicados em experimento com cana-de-açúcar em vasos (100 L), na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).	10
Tabela 3. Atributos químicos do solo (0 a 20 cm), antes da implantação do experimento com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).	12
Tabela 4. ANOVA com aplicação de contrastes ortogonais no experimento em vasos com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/2023).	15
Tabela 5. Contrastes ortogonais entre as médias de clorofila, diâmetro de perfilho e quantidade de entrenós de cana-de-açúcar cultivada em vasos, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/2023).	16
Tabela 6. ANOVA com aplicação de contrastes ortogonais no experimento em campo com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/2023).	17
Tabela 7. ANOVA com aplicação de contrastes ortogonais no experimento em campo com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2023/2024).	18
Tabela 8. Contrastes ortogonais entre as médias de largura de perfilho e PBU em cana-de-açúcar cultivada em campo, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safras 2022/2023 e 2023/2024).	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peneiramento de solo e preparo de vasos (100 L) para experimento com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).

11

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES

Símbolo/Sigla/Abreviações	Significado
N	Nitrogênio
NH ₃	Amônia
¹⁵ N	Paralelo geográfico
há	Hectare
kg	Quilograma
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
Al	Alumínio
H+Al	Hidrogênio + Alumínio
K	Potássio
S	Enxofre
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrogênio
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
CTC	Capacidade de troca de cátions
SB	Saturação de bases
MO	Matéria Orgânica
ZN	Zinco
Cm	Centímetro
UFC	Unidade formadora de colônias
ML	Mililitro
L	Litro
LS	Leitura sacarimétrica
ATR	Açúcar total recuperável
PBU	Peso do bolo úmido
POL	Porcentagem de sacarose
ANOVA	Análise de variância
D	Dose
A	Aplicação
ICF	Fator de distribuição
F	Altura
Alt.	Aplicação
Aplic.	não significativo
NS	Quantidade
Quant.	Comprimento
CV	Coefficiente de variância
Ton	Tonelada
TCH	Tonelada de cana por ha
TBH	Tonelada de brix por ha
GO	Goiás
P10C	Peso de 10 canas
NCM	Número de cana/ metro linear
E	Espaçamento da linha do plantio
N ⁰	Número

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil lidera a produção mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e essa cultura desempenha importante papel na geração de empregos tanto diretos quanto indiretos. Além disso, tem impacto relevante na economia do país, oferecendo subprodutos. Destaca-se especialmente como fonte de energia renovável, sendo utilizada na produção de biomassa e na cogeração de energia elétrica (Conab, 2025). Além disso, é responsável por mais de 25% da produção mundial de cana-de-açúcar, é também o primeiro do mundo na produção de açúcar e conquista, cada vez mais, o mercado externo com o uso do etanol como alternativa energética (OECD/FAO, 2018).

O método de produção atual baseia-se no uso de pesticidas químicos e fertilizantes aplicados anualmente. Apesar da eficiência desses métodos na agricultura, geram custos cada vez mais expressivos para o ambiente e saúde humana, o plantio em massa da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) traz riscos ambientais, incluindo potencial impacto na sustentabilidade dos agrossistemas em solos tropicais (Navarrete *et al.*, 2018).

A crescente necessidade de fertilizantes por causa da expansão da produção de cana-de-açúcar é uma ameaça à capacidade do solo de manter o potencial de autorregulação em longo prazo, ou seja, a sustentabilidade (Schwab *et al.*, 2023). O manejo da adubação nitrogenada, na cultura da cana-de-açúcar, deve ser mais racional e eficiente. Há muito ainda a ser aprimorado. Dentre os fertilizantes nitrogenados, para esta cultura, a ureia é a fonte mais utilizada. Neste sentido, a utilização de micro-organismos promotores do crescimento é ferramenta estratégica para reduzir a dependência por tais fertilizantes.

O uso de micro-organismos na agricultura pode ser alternativa para reduzir o uso de fertilizantes químicos e gerar aumento de produtividade, além de mitigar os efeitos da degradação do solo (Reis *et al.*, 2020). Além disso, a fertilização biológica com o uso de biofertilizantes contribui para o aumento da matéria orgânica, manutenção do pH, após a colheita, melhoria gradual da fertilidade do solo, disponibilidade de fósforo e redução da compactação do solo (Pinheiro *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, o interesse por estudos com bactérias que promovem o crescimento das plantas (BPCP) tem crescido expressivamente. Isso acontece porque essas bactérias geram vantagens econômicas, causando grande impacto positivo para o ambiente. Por isso, tal temática é bastante promissora, abrindo caminho para o

desenvolvimento de novas formulações de inoculantes à base de micro-organismos com potencial biotecnológico para a agricultura (Kaschuck e Hungria, 2017). Pesquisas têm demonstrado que a inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura da cana-de-açúcar promove maior crescimento e produtividade do colmo (Moutia *et al.*, 2010; Serna-Cock *et al.*, 2011; Moura *et al.*, 2019).

O *Azospirillum* é um gênero de bactérias fixadoras de nitrogênio que vivem em associação com raízes de plantas (Fukami *et al.*, 2018). Além da FBN, essas bactérias também são conhecidas como promotoras de crescimento, pois estimulam a produção de fitormônios como auxinas, giberelinas e citocininas. Essas bactérias, além de auxiliarem na FBN, também promovem o crescimento das plantas de diversas formas, tais como incremento da tolerância a estresses bióticos e abióticos, produção de fitormônios e solubilização de fosfatos, tornando-os mais disponíveis às plantas (Fukami *et al.*, 2018).

Nitrospirillum amazonense é uma bactéria fixadora de N que se destaca por sua importância na promoção do crescimento vegetal. O N é um macronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas, pois compõe biomoléculas fundamentais, como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e diversas enzimas, sendo crucial para os processos metabólicos e para a geração de energia. Estudos indicam que produtos formulados com base nesse micro-organismo promovem melhorias em diversos parâmetros de crescimento das plantas, refletindo em aumentos expressivos na produtividade (Reis *et al.*, 2020).

Os insumos biológicos originados de micro-organismos, vegetais e seres vivos podem ser utilizados como bioinsumos, contribuindo para o suporte e o crescimento da produção, assim como para a defesa das plantações. Suas enzimas ativas são biodegradáveis e atuam em alvos específicos, permitindo uma gestão sustentável e exercendo papel fundamental na conservação do ecossistema. Assim, Vidal *et al.* (2020) propõe soluções inovadoras para atender à demanda crescente necessidade de consumidores e indústrias que procuram diminuir a utilização de agrotóxicos. Segundo Bortoloti (2022), o emprego de bioinsumos vem se expandindo como uma maneira cada vez mais frequente no manejo de culturas, complementando as práticas tradicionais, uma vez que proporciona alternativas economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis.

Considerando a relevância de investir em tecnologias que melhorem a eficiência da produção de forma sustentável, tanto econômica quanto ambientalmente, é essencial promover pesquisas sobre o uso de bioinsumos na cana-de-açúcar. Atualmente, a adoção tem sido crescente, em diversos setores da agricultura, isto é, desde pequenas fazendas até grandes grupos de agricultores. Nesse contexto, a pesquisa sobre a utilização de diversos bioinsumos é relevante, pois oferece inúmeras vantagens para a agricultura (Silva, 2023).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORTOLOTTI, G. **Características da inserção dos bioinsumos para controle biológico no mercado fitossanitário brasileiro**. Dissertação de Mestrado, Instituto Biológico, 2022.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília, DF, v.13, n.1 abril 2025.

FUKAMI, J.; CEREZINI, P.; HUNGRIA, M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. **AMB Express**, v. 8, p.1-12, 2018.

KASCHUK, G.; HUNGRIA, M. Diversity and importance of diazotrophic bacteria to agricultural sustainability in the tropics. In: **Diversity and Benefits of Microorganisms from the Tropics**. Springer: Cham, 2017. p.269-292.

MOURA, J. B.; SOUZA, R. F.; VENTURA, M. V. A.; FURQUIM, L. C.; VIEIRA-JUNIOR, W. G.; BRAGA, A. P. M.; LIMA, I. R.; CAIXETA, J. G. A.; MILK, D. C.; SILVA, J. C.; ROCHA, E. C. V.; LOPES, H. P. B. Influence of nitrogen fixing bacteria in the establishment of pre-broken sugar cane **Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences**, v. 21, p. 22-26, 2019.

MOUTIA, J. F. Y.; SAUMTALLY, S.; SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp.in sugarcane is influenced by genotype and drought stress. **Plant and Soil**, v. 337, p. 233-242, 2010.

NAVARRETE, A. A. et al. Multi-analytical interactions in support of sugarcane agroecosystems sustainability in tropical soils. In: Alexandre Bosco de Oliveira. (Org.). **Sugarcane - Technology and Research**. 1ed. Rijeka: InTech, 2018.

OECD/FAO. Agricultural Outlook 2018-2027. **OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome, 2018.

PINHEIRO, R. C. et al. Adubação biológica associada a adubação química nos parâmetros de solo, nutricional e produtivo do milho. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, p. 9- 17, 2019.

REIS, V. M. et al. Beneficial microorganisms in agriculture: the future of plant growth-promoting rhizobacteria. **Plant and Soil**, v. 451, p. 1-3, 2020.

SCHWAB, S. et al. Quantifying and visualizing *Nitrospirillum amazonense* strain CBAmC in sugarcane after using different inoculation methods. **Plant and Soil**, v. 488, p. 197-216, 2023.

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, p. 32575-32592, 2023.

VIDAL, MARIANE, C.; SALDANHA, RODOLFO; VERISSIMO, MARIO A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, Diego M., MOREIRA, Patrícia A.B., VERISSIMO, Mario A.A. (Org.) **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. 1. ed. Florianópolis, SC: CIDASC, 2020. p. 382-409.

RESUMO

PIRES, E. L. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, agosto de 2025. **INOCULANTES MICROBIANOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR.** Orientador: Dr. Edson Luiz Souchie. Coorientadores: Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares; Dra. Veridiana Cardoso Gonçalves Cantão.

A cultura da cana-de açúcar é muito importante para a indústria, pois, são produzidos diversos subprodutos. Uma das estratégias para redução dos custos de produção das lavouras de cana traduz-se na seleção e uso de bactérias diazotróficas. Espécies como *Azospirillum brasilense* e *Nitrospirillum amazonense* vem sendo estudadas, visando à redução do uso de fertilizantes nitrogenados. Com este trabalho, objetivou-se testar doses de inoculantes, formados por *Azospirillum brasilense* e *Nitrospirillum amazonense*, assim como doses de adubação nitrogenada, na cultura da cana-de-açúcar, visando reduzir a dependência por fertilizantes nitrogenados. Três experimentos foram realizados na Fazenda São Frank no município de Acreúna-GO, sendo um em vasos (safra 2022/23) e dois em campo (safras 2022/2023 e 2023/2024). A variedade utilizada em todos os experimentos foi a IAC95-5094. Tanto no experimento em vasos, como nos de campo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituído de 12 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram: testemunha (sem inoculação e sem ureia); *Azospirillum brasilense* com 100, 300 e 500 mL ha⁻¹ (duas aplicações); *Azospirillum brasilense* com 100, 300 e 500 mL ha⁻¹ (três aplicações); ureia (1 kg / ton cana); ureia (0,5 kg/ton cana+100 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*); ureia (0,75 kg/ton cana+100 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*), ureia (1 kg/ton cana+100 mL ha⁻¹ de *Azospirillum brasilense*) e *Nitrospirillum amazonense* (100 mL ha⁻¹). As avaliações foliares foram realizadas a cada 30 dias, sendo estas: número de perfilhos, altura de perfilhos, diâmetro de perfilhos, altura de cana, diâmetro de cana, quantidade de entrenós, largura do nó, comprimento do nó, número de cana, clorofila, açúcar total recuperável, peso do bolo úmido, leitura sacarímetra, Brix, tonelada de brix por hectare e toneladas de cana por hectare. A inoculação com *Azospirillum brasilense* promoveu incremento na clorofila, diâmetro de perfilho e quantidade de entrenós em cana-de-açúcar cultivada em vasos, evidenciando potencial de estímulo morfológico. Em dois ciclos de avaliação em campo, para a maioria das variáveis tecnológicas, não houve diferença, entre os tratamentos com ureia, inoculação de bactérias diazotróficas ou suas combinações. A viabilidade do uso de bactérias promotoras de crescimento como alternativa à adubação nitrogenada industrializada é reforçada por este estudo, sobretudo em áreas com elevados níveis de fertilidade do solo e matéria orgânica. Tal prática mostra-se estratégica frente aos desafios da agricultura moderna, ao aliar desempenho agrônômico, redução de insumos e mitigação de impactos ambientais.

Palavras-chave: fertilização nitrogenada, fixação biológica de N, bactérias diazotróficas, fitormônios, sinergismo microbiano

ABSTRACT

PIRES, E, L. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, August 2025. **MICROBIAL INOCULANTS ON SUGARCANE GROWTH, PRODUCTIVITY AND TECHNOLOGICAL VARIABLES.** Advisor: Dr. Edson Luiz Souchie. Co-advisors: Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares; Dr. Veridiana Cardoso Gonçalves Cantão.

Sugarcane cultivation is very important for industry, as it produces various by-products. One strategy for reducing sugarcane production costs involves the selection and use of diazotrophic bacteria. Species such as *Azospirillum brasilense* and *Nitrospirillum amazonense* have been studied aiming to reduce the use of nitrogen fertilizers. This work was carried out to test doses of inoculants, consisting of *Azospirillum brasilense* and *Nitrospirillum amazonense*, as well as doses of nitrogen fertilizer, in sugarcane cultivation, to reduce dependence on nitrogen fertilizers. Three experiments were carried out at Fazenda São Frank in the municipality of Acreúna-GO, one in pots (2022/23 harvest) and two in the field (2022/2023 and 2023/2024 harvests). The variety used in all experiments was IAC95-5094. Both in the pot and field experiments, the experimental design was randomized blocks, consisting of 12 treatments and 5 replicates. The treatments were: control (without inoculation and without urea); *Azospirillum brasilense* with 100, 300, and 500 mL ha⁻¹ (two applications); *Azospirillum brasilense* with 100, 300, and 500 mL ha⁻¹ (three applications); urea (1 kg/ton of sugarcane); urea (0.5 kg/ton of sugarcane + 100 mL ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense*); urea (0.75 kg/ton of sugarcane + 100 mL ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense*), urea (1 kg/ton of sugarcane + 100 mL ha⁻¹ of *Azospirillum brasilense*) and *Nitrospirillum amazonense* (100 mL ha⁻¹). Leaf assessments were performed every 30 days, including: number of tillers, tiller height, tiller diameter, cane height, cane diameter, number of internodes, node width, node length, number of canes, chlorophyll, total recoverable sugar, wet cake weight, saccharimeter reading, Brix, tons of Brix per hectare, and tons of cane per hectare. Inoculation with *Azospirillum brasilense* promoted an increase in chlorophyll, tiller diameter, and number of internodes in sugarcane grown in pots, demonstrating morphological stimulation potential. In two field evaluation cycles, for most technological variables, there was no difference between treatments with urea, inoculation of diazotrophic bacteria, or their combinations. The feasibility of using growth-promoting bacteria as an alternative to industrialized nitrogen fertilization is reinforced by this study, especially in areas with high levels of soil fertility and organic matter. This practice proves to be strategic in the face of the modern agriculture challenges, combining agronomic performance, reduction of inputs, and mitigation of environmental impacts.

Keywords: nitrogen fertilization, biological N fixation, diazotrophic bacteria, phytohormones, microbial synergism

1. INTRODUÇÃO

Para o satisfatório desenvolvimento dos canaviais e obtenção de altas produtividades de colmos, é necessário o emprego de novas tecnologias, destacando-se o manejo adequado de adubações nitrogenadas. O N é absorvido em grandes quantidades pela cultura da cana-de-açúcar. Estima-se que, para produzir 100 Mg ha⁻¹ de colmos de cana-de-açúcar, seja necessário extrair perto de 180 kg ha⁻¹ de N (Oliveira *et al.*, 2016).

A cultura de cana-de-açúcar requer cerca de 60% para fixação biológica de N (FBN) (Cassetari, 2015). Maior resposta à aplicação de bactérias em cana-de-açúcar é observada quando se utiliza até 50% da dose de N-fertilizante recomendada para a cultura (Gírio *et al.*, 2015; Pedula *et al.*, 2016), evidenciando a influência exercida pelo N na interação planta x bactéria. Zeng *et al.* (2020) recomendam a aplicação de 300 kg/ha de ureia para a cana-planta e 150 kg/ha para as safras de soca, destacando a importância do manejo adequado na adubação nitrogenada.

As bactérias diazotróficas podem promover o crescimento das plantas, de forma direta, produzindo fitormônios como auxinas, que estimulam o crescimento das raízes e aumentam a absorção de água e nutrientes, assim como citocininas (divisão celular) e giberelinas que favorecem o alongamento do caule, aumentando a absorção de N (Olanrewaju *et al.*, 2017). Portanto, aumentar a eficiência de uso do N em sistemas de produção da cana-de-açúcar, com o uso de bactérias diazotróficas em mudas pré-brotadas, torna-se estratégico para maximizar a sustentabilidade dos agrossistemas, por meio da redução da dependência por fertilizantes nitrogenados industrializados convencionais (Santos *et al.*, 2018).

As bactérias, por exemplo, colonizam o interior das plantas e estabelecem relação mutualística. Nessa relação, o início da colonização dos vegetais ocorre por sinalização radicular (exsudatos). E, dentro do tecido dessas raízes, as bactérias colonizam as demais estruturas das plantas como caule e folhas. Além de colonizar a planta pelas raízes, elas podem entrar nos tecidos vegetais através das aberturas naturais, como os estômatos ou por ferimentos (Afzail *et al.*, 2019).

O manejo empregado na cultura da cana-de-açúcar, para possibilitar a extração de N pela cultura, é estratégico para o setor sucroenergético, pois os custos de produção com a aplicação de fertilizantes nitrogenados perdidos no sistema solo x planta causam prejuízos ao agricultor e contaminação ambiental (Udvardia *et al.*, 2015). Neste contexto, bactérias diazotróficas presentes no solo são capazes de converter N em formas assimiláveis de ser absorvidas pelas plantas (NH_3), por meio da FBN, sendo esse processo influenciado pela enzima nitrogenase (Shin *et al.*, 2016).

A FBN pode substituir parcialmente a adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar, ou seja, a inoculação de bactérias diazotróficas é capaz de reduzir a utilização de 150.000 toneladas de fertilizantes nitrogenados, possibilitando economia de 735 milhões de reais (Ferreira, 2017). Além da FBN, através da produção de fitormônios e da rápida brotação de gemas, desenvolvimento das raízes e pelos radiculares, há incremento da absorção de N disponível no solo (Costa, 2016).

Dentre as bactérias diazotróficas, a utilização de *Azospirillum brasilense* tem sido indicada por diversos autores, pois favorece a nutrição, o crescimento e a produtividade da cana-de-açúcar, além de reduzir a dependência por fertilizantes nitrogenados. Por exemplo, o aumento da velocidade de brotação das gemas da cana-de-açúcar e emissão de raízes em colmos, podem ser incrementados pela aplicação de bactérias fixadoras de N no plantio, considerando também o uso de mudas pré-brotadas (Pereira e Rosa-Magri *et al.*, 2021).

Além de *Azospirillum*, há bactérias diazotróficas do gênero *Nitrospirillum*. *Nitrospirillum amazonense*, por exemplo, é uma rizobactéria fixadora de N em plantas e promotora de crescimento vegetal (Matoso, 2020). Através da produção de fitormônios ocorre indução do crescimento de plantas, rápida brotação de gemas, de raízes laterais e pelos radiculares, além do aumento da eficiência de absorção de N e outros minerais do solo (Costa, 2016).

A agricultura contemporânea depara-se com o propósito de suprir a demanda crescente por alimentos, fibras e biocombustíveis, enquanto mitiga os efeitos negativos no ambiente. Nesse cenário, o uso de bioinsumos em substituição a fertilizantes e defensivos químicos sintéticos tem se destacado como uma alternativa inovadora e sustentável para a agricultura. Tais insumos, obtidos a partir de compostos biológicos ou orgânicos, possuem o potencial de estimular o desenvolvimento das plantas, fortalecer

sua saúde e aumentar a produtividade, ao passo que diminuem a utilização de agroquímicos sintéticos e os riscos decorrentes do uso (Souza *et al.*, 2022).

Os bioinsumos são divididos em diversas categorias, como biofertilizantes, biopesticidas e bioestimulantes, sendo que cada uma delas tem papel essencial na melhoria da saúde das plantas e no aumento da produtividade agrícola (Mazaro *et al.*, 2022). Para entender o impacto que os bioinsumos podem gerar na agricultura, é essencial conhecer os conceitos, propriedades e métodos de aplicação. A compreensão desses elementos permite uma utilização mais estratégica e eficiente dessas tecnologias no campo, promovendo ganhos relevantes tanto para os produtores rurais quanto para a produtividade agrícola.

O progresso dos bioinsumos ao longo dos anos demonstra o aumento do interesse da sociedade, especialmente no campo da pesquisa, em promover uma agricultura mais sustentável. Inicialmente, a agricultura baseava-se exclusivamente no uso de fertilizantes químicos e pesticidas sintéticos para aumentar a produtividade. Contudo, com a conscientização sobre os efeitos negativos no ambiente e as preocupações com a saúde humana relacionada a esses produtos químicos, tem aumentado o interesse por opções mais seguras e sustentáveis (Souza *et al.*, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Testar doses de inoculantes formados por *Azospirillum brasilense* e *Nitrospirillum amazonense* e de adubação nitrogenada, na cultura da cana-de-açúcar, visando reduzir a dependência por fertilizante nitrogenado industrializado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de aplicações de *Azospirillum brasilense* e *Nitrospirillum amazonense* e doses de ureia em cana-de-açúcar cultivada em vasos;
- Avaliar doses de ureia em cobertura, em cana-de-açúcar (segundo corte), combinadas com aplicação foliar de *Azospirillum brasilense*;
- Avaliar o efeito da aplicação de *Nitrospirillum amazonense* em cana-de-açúcar, via corte soqueira.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento em vasos

Um experimento em vasos (100 L) foi conduzido no ciclo de safra 2022/23, pelo período de 365 dias, na Fazenda São Frank, 17°19'29.52" S, 50°25'33.64" O, localizado no município de Acreúna, GO. Segundo a classificação de Köppen, o clima do local é do tipo Aw, tropical, com chuva nos meses de outubro a abril, e seca nos meses de maio a setembro. A temperatura máxima oscila de 35 a 37°C, e a mínima de 12 a 15°C. Antes da instalação do experimento, foi feita análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo (Latosolo Vermelho distrófico, 0 a 20 cm), antes da implantação do experimento em vasos com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).

Amostra	Ca	Mg	Al	H+Al	K	S	P
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----		
0-20 cm	0,9	0,2	0,0	2,0	0,03	11,8	5,6
Amostra	pH	CTC	SB	Mg/CTC	Ca/CTC	M.O	Zn
	CaCl ₂	---- cmol _c dm ⁻³ ----			----- % -----	g dm ⁻³	-----
0-20 cm	5,6	3,13	36,10%	6,39	28,75	13,0	0,8

*Laudo de solo: Apagri Rio Verde-GO.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituído de 12 tratamentos e 5 repetições, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos aplicados em experimento com cana-de-açúcar em vasos (100 L), na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).

Tratamentos	Doses ha ⁻¹	Quantidade de aplicações
Testemunha	0	0
<i>Azospirillum brasilense</i>	100 mL	2
<i>Azospirillum brasilense</i>	300 mL	2
<i>Azospirillum brasilense</i>	500 mL	2
<i>Azospirillum brasilense</i>	100 mL	3
<i>Azospirillum brasilense</i>	300 mL	3
<i>Azospirillum brasilense</i>	500 mL	3
Ureia	0,50 kg ureia/ton cana + 100 mL de <i>Azospirillum brasilense</i> (1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹)	1
Ureia	0,75 kg ureia/t cana + 100 mL <i>Azospirillum brasilense</i> (1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹)	1
Ureia	1 kg ureia/t cana + 100 mL <i>Azospirillum brasilense</i> (1x10 ⁸ UFC mL ⁻¹)	1
Ureia	1 kg/t cana	1
<i>Nitrospirillum amazonense</i>	100 mL	1

A variedade utilizada foi IACSP95-5094, adquirida as gemas no próprio talhão do experimento em campo. Os vasos de 100 L foram preenchidos com 80 kg de solo (Figura 1).



Figura 1. Peneiramento de solo e preparo de vasos (100 L) para experimento com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).

Fonte: Pires, E. L.

Antes da instalação do experimento, o solo foi peneirado em peneira circular de aro de PVC com diâmetro de 55 cm com malha de 3,5 mm. Amostras de solo (Latosolo Vermelho distrófico) foram coletadas para determinação das características químicas e físicas do solo em prol da recomendação de adubação. Após a adubação, em cada vaso, foi plantado um tolete de cana-de-açúcar (três gemas), no centro do vaso em profundidade de 5 cm. Os tratos culturais foram realizados manualmente.

3.2 Aplicação dos tratamentos

A aplicação do fertilizante, via foliar, foi feita com umidade relativa do ar acima de 50%, no início do período das chuvas, época que a planta possui parte aérea suficiente para absorver o produto, isto é, no estágio fenológico de V5 a V6.

As aplicações dos tratamentos de inoculação foram com pulverizador costal manual (5 L), com extensor de mangueira e bico de aspersão de 45 cm. A aplicação de *Azospirillum brasilense* (Koppert, 1×10^8 UFC mL^{-1}) foi realizada 60 dias, após o desbaste, mantendo uma planta por vaso, enquanto *Nitrospirillum amazonense* (BASF, 1×10^8 UFC mL^{-1}) e as doses de ureia ocorreram logo após o plantio dos vasos.

3.3 Avaliações do experimento em vasos

As avaliações foliares foram realizadas a cada 30 dias, sendo estas: altura de perfilho, diâmetro de perfilho, altura de cana, diâmetro de cana, quantidade de entrenós,

largura do nó, comprimento do nó e clorofila. O teor de clorofila foliar foi mensurado a cada 60 dias por meio de clorofilômetro portátil CFL1030. Cada medição foi realizada no limbo foliar da folha +1, em cada tratamento.

3.4 Experimento em campo

Um experimento de campo foi conduzido em dois ciclos de safra (2022/23 e 2023/24), durante 365 dias, na Fazenda São Frank, 17°19'29.52" S, 50°25'33.64" O, localizada no município de Acreúna, GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, totalizando 12 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos em campo foram os mesmos tratamentos utilizados em vasos.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a amostragem do solo (Tabela 3), para determinação das características químicas e físicas do solo e definição da recomendação de adubação. Não foi necessário realizar nenhuma adubação.

Tabela 3. Atributos químicos do solo (0 a 20 cm), antes da implantação do experimento com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/23).

Amostra	Ca	Mg	Al	H+Al	K	S	P
	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----		
0-20 cm	3,36	1,30	0,0	2,7	0,43	0,0	10,82
Amostra	pH	CTC	SB	Sat_Mg	Ca/Mg	M.O	Zn
	CaCl ₂	---- cmol _c dm ⁻³ ----		----- % -----		g dm ⁻³	-----
0-20 cm	5,60	7,80	64,03%	16	2,86	24,00	1,17

*Laudo de solo- Apagri Rio Verde-GO.

A área experimental encontrava-se cultivada com cana-planta (variedade IAC 95-5094), posto que o experimento foi conduzido em cana-soca de primeiro corte. As parcelas foram dimensionadas com 6m de largura por 10m de comprimento, com bordadura de 3m. Para o dimensionamento das parcelas foram utilizadas uma trena métrica de 50m de comprimento e para demarcação do ponto foi utilizado bandeirinha de fibra de vidro plástico de 1m de altura e de cores variadas.

Os tratos culturais referentes ao uso de herbicidas e inseticidas foram adotados, conforme o manejo padrão da Agropecuária Nova Gália. Os defensivos utilizados no manejo foram: Boral Full® e Reator® 360 CS para controle de plantas daninhas, assim como Altacor® para o controle de pragas.

3.5 Aplicação dos tratamentos

No início das chuvas (outubro) e da rebrota da cana-soca, as parcelas foram alocadas, as doses dos tratamentos de ureia aplicadas em linha de plantio, assim como o tratamento de inoculação com *Nitrospirillum amazonense* (BASF, 1×10^8 UFC mL⁻¹). Após 60 dias, foi feita a inoculação foliar com *Azospirillum brasilense* (Koppert, 1×10^8 UFC mL⁻¹). A primeira aplicação de *Azospirillum brasilense* ocorreu com umidade relativa do ar acima de 50%, quando as plantas possuíam parte aérea suficiente para absorver o produto (V5 a V6). A segunda e a terceira aplicação ocorreram aos 120 e 180 dias, após a primeira, respectivamente.

As aplicações dos tratamentos de inoculação foram realizadas com pulverizador costal pressurizado a CO₂ munido de barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo TT 110.02 (0,45 m entre pontas), aplicando volume de calda equivalente a 100 L ha⁻¹.

3.6 Avaliações dos experimentos

As avaliações foliares foram realizadas a cada 30 dias, sendo estas: número de perfilho, altura de perfilho, diâmetro de perfilhos, altura de cana, diâmetro de cana, quantidade de entrenós, largura do nó, comprimento do nó, número de cana, clorofila, açúcares totais redutores (ATR), peso do bolo úmido (PBU), LS, Brix, tonelada de brix por hectare (TBH) e toneladas de cana por hectare (TCH). A avaliação da quantidade de cana foi realizada em 2,5 m em duas ruas paralelas, no centro da parcela, considerando as duas linhas centrais como área útil. A cada 60 dias, foi mensurado o teor de clorofila foliar (clorofilômetro portátil CFL1030). Cada medição foi realizada no limbo foliar da folha +1, obtendo-se três medições por planta, em 4 plantas por parcela.

Ao final do experimento, antes da colheita para análises biométricas, foram coletadas 10 canas manualmente com o auxílio de um podão, amarradas com barbante e pesadas em balança digital para determinação de toneladas de cana por hectare (TCH).

Para quantificação do açúcar total recuperável (ATR), foram coletadas em cada parcela uma amostra individual de 10 canas, com palha e enviada ao laboratório. Posteriormente, foram trituradas, homogeneizadas e separados 500g que para prensagem e separação do caldo do bagaço. O caldo foi pesado em balança analítica e analisado por refratômetro e sacarímetro, respectivamente. Após esses procedimentos, foi obtida a quantidade de ATR por hectare, Brix, Pureza e Pol da cana.

Ao final do experimento (safra 2022/23), todas as parcelas foram dimensionadas com aparelho GARMIN62S, obtendo-se as coordenadas geográficas exatas das parcelas, para posterior demarcação na safra seguinte.

3.7 Análise estatística

O cálculo foi adaptado para determinação do TCH (Azevedo *et al.*, 2021):

$$\text{TCH} = (\text{P10C}/10) \times \text{NCM} \times (10/\text{E})$$

TCH= tonelada de cana/ha

P10C= Peso de 10 cana

NCM: Número de cana por metro linear

E: espaçamento da linha do plantio

O cálculo foi adaptado para a determinação do TBH:

$$\text{TBH} = (\text{valor médio do Brix} \times \text{TCH}) / 100$$

Para os experimentos (vasos e campo), os dados foram submetidos à análise de variância (10%) pelo teste F e, em caso de significância, as médias comparadas pelo teste de contraste ortogonais.

$$\text{Y1} = \text{T1} - \text{T11}$$

$$\text{Y2} = 6\text{T1} - (\text{T2} + \text{T3} + \text{T4} + \text{T5} + \text{T6} + \text{T7})$$

$$\text{Y3} = \text{T1} - \text{T12}$$

$$\text{Y4} = 3\text{T1} - (\text{T2} + \text{T3} + \text{T4})$$

$$\text{Y5} = 3\text{T1} - (\text{T5} + \text{T6} + \text{T7})$$

$$\text{Y6} = (\text{T2} + \text{T3} + \text{T4}) - (\text{T5} + \text{T6} + \text{T7})$$

$$\text{Y7} = \text{T8} - \text{T11}$$

$$\text{Y8} = \text{T2} + \text{T3} + \text{T4} + \text{T5} + \text{T6} + \text{T7} - (2\text{T8} + 2\text{T9} + 2\text{T10})$$

$$\text{Y9} = \text{T2} + \text{T5} - \text{T12}$$

$$\text{Y10} = \text{T9} - \text{T11}$$

$$\text{Y11} = \text{T10} - \text{T11}$$

Em que:

Variáveis	Tratamentos	Doses ha ⁻¹	Quantidade de aplicações
C1	Testemunha	0	0
C2	<i>Azospirillum brasilense</i>	100 mL	2
C3	<i>Azospirillum brasilense</i>	300 mL	2
C4	<i>Azospirillum brasilense</i>	500 mL	2

C5	<i>Azospirillum brasilense</i>	100 mL	3
C6	<i>Azospirillum brasilense</i>	300 mL	3
C7	<i>Azospirillum brasilense</i>	500 mL	3
C8	Ureia	0,50 kg ureia/ton cana + 100 mL de <i>Azospirillum brasilense</i> (1×10^8 UFC mL ⁻¹)	1
C9	Ureia	0,75 kg ureia/t cana + 100 mL <i>Azospirillum brasilense</i> (1×10^8 UFC mL ⁻¹)	1
C10	Ureia	1 kg ureia/t cana + 100 mL <i>Azospirillum brasilense</i> (1×10^8 UFC mL ⁻¹)	1
C11	Ureia	1 kg/t cana	1
C12	<i>Nitrospirillum amazonense</i>	100 mL	1

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento em vasos

De acordo com os resultados da análise de variância, foi detectado efeito de tratamentos somente para as variáveis diâmetro do perfilho, quantidade de entrenós e clorofila (Tabela 4).

Tabela 4. ANOVA com aplicação de contrastes ortogonais no experimento em vasos com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/2023).

FV	Fc			
	Alt perfilho	Diâmetro Perfilho	Altura de Cana	Diâmetro Cana
Tratamentos	0.12 ns	0.01*	0.21 ns	0.60 ns
CV (%)	25.40	20.56	8.19	9.80

FV	Fc			
	Qtde de entrenós	Largura do Nó	Comp. Nó	Clorofila
Tratamentos	0.02*	0.55 ns	0.25 ns	0.01*
CV (%)	12.04	14.43	14.48	7.96

* Significativo a 10 % de probabilidade pelo teste F; NS - não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Pelas características obtidas na análise de contrastes, os resultados foram significativos analisando a clorofila comparando os tratamentos C1 (T1: testemunha) com C11 (T11: Ureia 1 kg/t de cana), C7 (T8: 0,50 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com C11 (T11: 1 kg/t cana), C9 (T9: 0,75 kg ureia/t cana + 100 mL *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com C11 (T11: 1 kg/t cana), C10 (T10: 1 kg ureia/t cana + 100 mL *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com C11 (T11: 1 kg/t cana) (Tabela 5).

Os resultados da análise de contrastes foram significativos nas variáveis diâmetro do perfilho com os tratamentos C1 (T1-T11), C2 (6T1-(T2+T3+T4+T5+T6+T7), C4 (3T1 -(T2+T3+T4), C5 (3T1 - (T5+T6+T7), C6 ((T2+T3+T4) – (T5+T6+T7), C9 (T2+T5 - T12) e C10 (T9 – T11), quando comparados aos demais contrastes (Tabela 5).

Considerando a quantidade de entrenós, os contrastes apresentaram resultados significativos em C1 (T1-T11), C2 (6T1- (T2+T3+T4+T5+T6+T7)), C4 (3T1 - (T2+T3+T4)), C7 (T8 - T11), C8 (T2+T3+T4+T5+T6+T7 – (2T8+2T9+2T10)), C9 (T2+T5 - T12), C10 (T9 – T11) e C11 (T10 - T11), quando comparados com outras variáveis (Tabela 5).

Tabela 5. Contrastes ortogonais entre as médias de clorofila, diâmetro de perfilho e quantidade de entrenós de cana-de-açúcar cultivada em vasos, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/2023).

Contrastes	Probabilidade dos contrastes		
	Clorofila	Diâmetro de perfilho	Qtde de entrenós
C1: T1 - T11	6.67*	-7.27*	-1.66*
C2: 6T1- (T2+T3+T4+T5+T6+T7)	1.15 ns	-5.84*	-1.01*
C3: T1 - T12	2.01 ns	-3.35 ns	0.00 ns
C4: 3T1 -(T2+T3+T4)	0.54 ns	-4.71*	-1.31*
C5: 3T1 - (T5+T6+T7)	1.77 ns	-6.97*	-0.71 ns
C6: (T2+T3+T4) – (T5+T6+T7)	1.22 ns	-2.26*	0.59 ns
C7: T8 - T11	6.52*	-3.68 ns	-1.32*
C8: T2+T3+T4+T5+T6+T7 – (2T8+2T9+2T10)	0.69 ns	1.70 ns	0.66*
C9: T2+T5 - T12	-0.15 ns	3.96*	0.98*
C10: T9 – T11	3.83*	-4.53*	-1.83*
C11: T10 - T11	4.12*	-1.17 ns	-0.79*
Erro	44		

Nota: C1- testemunha; C2- *Azospirillum brasilense* com dose de 100 ml e 2 aplicações; C3- *Azospirillum brasilense* com dose de 300 ml e 2 aplicações; C4- *Azospirillum brasilense* com dose de 500 ml e 2 aplicações; C5- *Azospirillum brasilense* com dose de 100 ml e 3 aplicações; C6- *Azospirillum brasilense* com dose de 300 ml e 3 aplicações; C7- *Azospirillum brasilense* com dose de 500 ml e 2 aplicações; C8- Ureia com dose de 0,50 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com uma aplicação; C9- Ureia com dose de 0,75 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com uma aplicação; C10- Ureia com dose de 1 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com uma aplicação; C11; Ureia com 1 kg ureia/t cana com uma aplicação e C12- *Nitrospirillum amazonense* com dose de 100 ml com uma aplicação. * Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Normalmente a cana-de-açúcar na etapa de cana-planta não é responsiva às adubações nitrogenadas. Esse efeito negativo pode ser minimizado com a aplicação nitrogenada no fundo do sulco, no plantio junto aos toletes (Shultz *et al.*, 2016). No presente estudo, ressalta-se que o pH 5,6 do solo utilizado nesse experimento (Tabela 1), naturalmente, maximizou a disponibilização da maioria dos nutrientes à cultura da

cana-de-açúcar. Ademais, tal solo possuía elevado teor de matéria orgânica ($13,0 \text{ g dm}^{-3}$), o que, conseqüentemente, corroborou para a ausência de efeito entre os tratamentos testados.

O fato de não ter sido observada diferença entre os tratamentos, para a maioria das variáveis tecnológicas analisadas, pode ter sido pelo efeito de *Azospirillum* ser restrito pela disponibilidade de nutrientes e a interação com micro-organismos nativos, que afetam a absorção e a eficiência nutricional da planta (Cassán e Díaz-Zorita, 2020).

Diversos autores relatam que a inoculação com bactérias diazotróficas endofíticas, como *Azospirillum*, pode diminuir a necessidade de fertilizantes nitrogenados na cultura da cana-de-açúcar (Schultz *et al.*, 2012; Gírio *et al.*, 2015; Lopes *et al.*, 2019). Rosa *et al.* (2020) relatam que o efeito da aplicação de *A. brasilense* nas plantas pode ser potencializado através da gestão da adubação nitrogenada, possibilitando a redução na dependência de fertilizantes industrializados. Não obstante, no presente estudo, não foi observado efeito dos tratamentos com doses de *A. brasilense* (100, 300 e 500 mL ha^{-1}) e, tampouco dos tratamentos com doses de ureia (0,50; 0,75 e $1,0 \text{ kg / ton cana} + 100 \text{ mL } A. brasilense$). Esses últimos foram iguais entre si, na maioria das variáveis tecnológicas, e não superaram ao tratamento testemunha (sem inoculação e sem ureia) (Tabelas 4 e 5). Tal resultado sugere que, em princípio, outras doses de N poderiam ter sido estabelecidas. De acordo com Gírio *et al.* (2015) e Pedula *et al.* (2016), maior resposta à aplicação de bactérias em cana-de-açúcar é observada quando se utiliza até 50% da dose de N-fertilizante recomendada para a cultura, evidenciando a influência exercida pelo N na interação planta x bactéria.

Gonçalves *et al.* (2020), evidenciaram que a aplicação de *A. brasilense* durante a fase de crescimento inicial de cana-de-açúcar tem efeito benéfico no desenvolvimento da cana-de-açúcar, somente quando associada a altas doses de nitrogênio em cobertura. E, de acordo com os autores, na ausência de adubação nitrogenada, a variedade RB 86-7515 demonstrou resposta negativa a essa inoculação. Similarmente, Dellabiglia *et al.* (2018) não observaram influência da inoculação com bactérias diazotróficas, avaliando os teores de sólidos solúveis em cana-de-açúcar. Outra possibilidade, no presente estudo, que justifica a ausência de efeito das tecnologias de inoculação com *A. brasilense*, seja a variedade de cana IAC95-5094, que não seria responsiva a esse tipo de inoculação.

4.2 Experimento em campo

Avaliando o experimento, na safra 2022/2023, somente foi observado efeito entre tratamentos para o diâmetro do perfilho (Tabela 6). Na safra 2023/2024, isto somente foi verificado para PBU (peso do bolo úmido) (Tabela 7).

Tabela 6. ANOVA com aplicação de contrastes ortogonais no experimento em campo com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2022/2023).

FV	F _c							
	N perfilho	Alt perfilho	Diâmetro Perfilho	Alt Cana	Diâmetro Cana	Qtde de entrenós	Largura do Nó	Comp. Nó
Tratamentos	0.53 ns	0.17 ns	0.01*	0.19 ns	0.17 ns	0.43 ns	0.48 ns	0.50 ns
CV (%)	20.25	12.11	13.39	4.94	7.40	20.39	6.40	9.45

FV	F _c							
	N Cana	Clorofila	ATR	PBU	LS	BRIX	TBH	TCH
Tratamentos	0.82 ns	0.17 ns	0.26 ns	0.62 ns	0.39 ns	0.28 ns	0.30 ns	0.30 ns
CV (%)	10.42	8.84	6.89	7.27	7.21	4.01	17.86	16.55

*Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7. ANOVA com aplicação de contrastes ortogonais no experimento em campo com cana-de-açúcar, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safra 2023/2024).

FV	F _c							
	N perfilho	Alt perfilho	Diâmetro Perfilho	Alt Cana	Diâmetro Cana	Qtde de entrenós	Largura do Nó	Comp. Nó
Tratamentos	0.54 ns	0.31 ns	0.34 ns	0.55 ns	0.58 ns	0.42 ns	0.88 ns	0.26 ns
CV (%)	15.99	28.81	14.71	7.80	5.52	6.19	9.01	5.14

FV	F _c							
	N Cana	Clorofila	ATR	PBU	LS	BRIX	TBH	TCH
Tratamentos	0.13 ns	0.31	0.39	0.00*	0.91 ns	0.58 ns	0.47 ns	0.42 ns
CV (%)	4.59	9.05	5.51	9.28	5.63	3.42	11.05	11.11

*Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira e Simões (2016), que também verificaram efeitos positivos da inoculação de bactérias diazotróficas na cultura da cana-de-açúcar, destacando o número de perfilhos na fase de cana-planta como a variável mais responsiva à inoculação. Similarmente, Matsumoto *et al.* (2011) relatam que a inoculação da cana-de-açúcar com estirpes de *Azospirillum brasilense* resultou em aumento significativo no número de perfilhos, além de favorecer o desenvolvimento da cultura.

Neste contexto, Reis *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2021) reportam efeitos benéficos da inoculação com bactérias diazotróficas no perfilhamento da cana-de-açúcar, com aumentos de até 13% em comparação aos tratamentos sem inoculação. Esses autores afirmam que o perfilhamento é um dos componentes que influenciam na produtividade da cana-de-açúcar, podendo observar maiores valores de produção de colmos nos tratamentos que aumentam a expressão desta característica.

Por outro lado, similar à ausência de efeito de tratamentos observada na maioria das variáveis tecnológicas deste trabalho, Scudeletti *et al.* (2023), não observaram resultados satisfatórios em relação às variáveis tecnológicas dessa cultura ao analisarem a aplicação de *Azospirillum brasilense* na cana-de-açúcar em sua fase de planta e na primeira soca. Neste sentido, Cassán e Díaz-Zorita (2020) esclarecem que a contribuição do *Azospirillum* para a eficiência do uso de nutrientes pela planta pode ser limitada pelas comunidades microbianas da rizosfera do solo e pela disponibilidade ou acessibilidade relativa dos nutrientes, que podem promover ou inibir a atividade fisiológica de A/BT durante a absorção mineral, através da associação com micro-organismos nativos que afetam a síntese de N nas plantas.

Oliveira Júnior (2022) e Souza (2024), igualmente, não observaram efeito da inoculação de *A. brasilense* nas variáveis tecnológicas analisadas em cana-de-açúcar. E, de acordo com Lira *et al.* (2020) e Leite Júnior (2025), outro fator relevante a ser considerado é o genótipo de cana-de-açúcar, já que possui forte influência no êxito da inoculação de bactérias diazotróficas. Esses autores, testando genótipos de cana inoculados com bactérias diazotróficas, verificaram respostas distintas de acordo com os genótipos de plantas.

Matoso *et al.* (2020), mostraram que para altura da planta e diâmetro do colmo, RB966928 foi a única variedade que respondeu à inoculação de bactérias diazotróficas em ambos os parâmetros comparada com as variedades RB67515, 016814, 016818 e 016819. Sendo assim, no presente trabalho, possivelmente a variedade de cana utilizada não é responsiva à inoculação com *A. brasilense* ou *N. amazonense*.

Os resultados dos contrastes apresentados foram significativamente superiores aos outros tratamentos em largura de perfilho, quando comparado os tratamentos C7 (T8 - T11), C9 (T2+T5 - T12) e C11 (T10 - T11) na safra 2022/2023 da cana-de-açúcar (Tabela 8).

Na safra 2023/2024 o PBU (peso do bolo úmido), foi significativamente superior aos outros tratamentos, em análise de contrastes com as seguintes comparações C1 (T1 - T11), C2 (6T1- (T2+T3+T4+T5+T6+T7)), C4 (3T1 - (T2+T3+T4)), C5 (3T1 - (T5+T6+T7)), C8 (T2+T3+T4+T5+T6+T7 - (2T8+2T9+2T10)) e C10 (T9 - T11) (Tabela 8). Similarmente, Chaves *et al.* (2015) avaliaram o desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e concluíram que *N. amazonense* BR11145 atuou diretamente de forma positiva elevando o índice de velocidade de germinação e número de brotação nas duas variedades.

Não obstante, corroborando os resultados para a maioria das variáveis tecnológicas do presente trabalho, diversos autores (Garcia *et al.*, 2013; Dellabiglia *et al.*, 2018; Gava *et al.*, 2018; Matoso *et al.*, 2020) também não observaram efeito da inoculação com diazotróficas em cana-de-açúcar. Especificamente, Dellabiglia *et al.* (2018), sugerem que a ausência de efeito da inoculação ocorreu pelo baixo índice pluviométrico nos primeiros dias da implantação do experimento.

Tabela 8. Contrastes ortogonais entre as médias de largura de perfilho e PBU em cana-de-açúcar cultivada em campo, na Agropecuária Nova Gália, Acreúna, GO (safras 2022/2023 e 2023/2024).

Contrastes	Probabilidade dos Contrastes	
	Safra 2022/2023	Safra 2023/2024
	Largura de Perfilho	PBU
C1: T1 - T11	-2.05 ns	-28.45*
C2: 6T1- (T2+T3+T4+T5+T6+T7)	-0.58 ns	-23.99*
C3: T1 - T12	1.21 ns	-18.14 ns
C4: 3T1 -(T2+T3+T4)	-0.36 ns	-22.23*
C5: 3T1 - (T5+T6+T7)	-0.79 ns	-25.75*
C6: (T2+T3+T4) - (T5+T6+T7)	-0.43 ns	-3.51 ns
C7: T8 - T11	-3.65*	-18.10 ns
C8: T2+T3+T4+T5+T6+T7 - (2T8+2T9+2T10)	0.93 ns	23.19*
C9: T2+T5 - T12	2.20*	10.12 ns
C10: T9 - T11	-0.20 ns	-46.01*
C11: T10 - T11	-3035*	-18.85 ns
Erro	44	

Nota: C1- testemunha; C2- *Azospirillum brasilense* com dose de 100 ml e 2 aplicações; C3- *Azospirillum brasilense* com dose de 300 ml e 2 aplicações; C4- *Azospirillum brasilense* com dose de 500 ml e 2 aplicações; C5- *Azospirillum brasilense* com dose de 100 ml e 3 aplicações; C6- *Azospirillum brasilense* com dose de 300 ml e 3 aplicações; C7- *Azospirillum brasilense* com dose de 500 ml e 2 aplicações; C8- Ureia com dose de 0,50 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com uma aplicação; C9- Ureia com dose de 0,75 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com uma aplicação; C10- Ureia com dose de 1 kg ureia/t cana + 100 mL de *Azospirillum brasilense* (1×10^8 UFC mL⁻¹) com uma aplicação; C11; Ureia com 1 kg ureia/t cana com uma aplicação e C12- *Nitrospirillum amazonense* com dose de 100 ml com uma aplicação. *Significativo a 10% de probabilidade pelo teste F; ns - não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Gualberto (2024) destaca que a associação de altos níveis de nitrogênio juntamente com *Nitrospirillum viridazoti* diminui a eficiência da inoculação, resultando em menor intensidade na promoção do crescimento da cana-de-açúcar. Ocorrendo pela maior disponibilidade de nutrientes para plantas e micro-organismos. Contrariamente, Gonçalves *et al.* (2020) evidenciaram que a aplicação de inoculante contendo *Azospirillum brasilense*, durante a fase de crescimento inicial de cana-de-açúcar, tem efeito benéfico no desenvolvimento somente associado a altas doses de nitrogênio em cobertura. Na ausência de adubação nitrogenada, a variedade de cana-de-açúcar RB 86-7515 tem resposta negativa à inoculação das plantas com *A. brasilense*.

Teixeira (2025) relata que a aplicação de 0,6 L ha⁻¹ da solução contendo *Azospirillum brasilense*, combinada com 50% da dose recomendada de N, aumentou somente a produção total de biomassa fresca. Tal inoculação não teve impacto na biomassa seca total, na produtividade de colmos, no perfilhamento e nas demais variáveis tecnológicas da cultura.

5. CONCLUSÕES

- A inoculação com *Azospirillum brasilense* promoveu incremento na clorofila, diâmetro de perfilho e quantidade de entrenós em cana-de-açúcar cultivada em vasos, evidenciando potencial de estímulo morfológico.

- Em dois ciclos de avaliação em campo, para a maioria das variáveis tecnológicas, não houve diferença, entre os tratamentos com ureia, inoculação de bactérias diazotróficas ou suas combinações.

- A ausência de diferença entre os tratamentos pode ser interpretada como um resultado positivo, uma vez que indica a possibilidade de substituição parcial ou total da ureia por bioinsumos, sem decréscimo da produtividade, promovendo economia e sustentabilidade.

- A viabilidade do uso de bactérias promotoras de crescimento como alternativa à adubação nitrogenada industrializada é reforçada por este estudo, sobretudo em áreas com elevados níveis de fertilidade do solo e matéria orgânica. Tal prática mostra-se estratégica frente aos desafios da agricultura moderna, ao aliar desempenho agrônômico, redução de insumos e mitigação de impactos ambientais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, I.; SHINWARI, Z. K.; SIKANDAR, S.; SHAHZAD, S. Plant beneficial endophytic bacteria: mechanisms, diversity, host range and genetic determinants: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. **Microbiological Research**, v. 221, p. 36-49, 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, p. e34710716784, 2021.

CASSETARI, A. S. **Fixação biológica de nitrogênio em cana-de-açúcar inoculada com bactérias diazotróficas**. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

COSTA, C. B. S. K. **Monitoramento do estabelecimento das bactérias presentes no inoculante da Embrapa, durante o desenvolvimento inicial de plantas de cana-de-açúcar utilizando técnicas microbiológicas e moleculares**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M.; FERRARIS, G. *Azospirillum brasilense* promotes root development and modulates nutrient absorption in plants. *Agronomy*, Madison, v. 10, n. 3, p. 423, 2020.

CASSÁN, F.; DIAZ-ZORITA, M. *Azospirillum* sp. na agricultura atual: Do laboratório ao campo. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 117–130, 2016.

CHAVES, V. A.; SANTOS, S. G.; SCHULTZ, N.; PEREIRA, W.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; REIS, V. M. Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1595-1602, 2015.

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, p. 29-41, 2018.

FERREIRA, T. E. **Decomposição da palha de cana-de-açúcar em área de recolhimento variável sob adubação nitrogenada mineral ou inoculação com bactérias diazotróficas - Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2017.**

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.; CANTARELLA, 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**, v. 21, p. 1-9, 2018.

GÍRIO, L. A.; 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, 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**, v. 16, p. 72-81, 2020.

GUALBERTO, C. A. C. **Relação entre a bactéria *Nitrospirillum viridazoti* e a adubação nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar**. Uberlândia: UFU. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024, 79f.

LEITE JÚNIOR, R. M. **INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS BENÉFICAS ASSOCIADA A ADUBAÇÃO REDUZIDA EM COBERTURA SOBRE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Graduação em Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2025.

LIN, S-Y.; HAMEED, A.; SHEN, F-T.; LIU, Y-C.; HSU, Y-H.; SHAHINA, M., LAI, W-A.; YOUNG, C-C. Description of *Niveispirillum fermenti* gen. nov., sp. nov., isolated from a fermentor in Taiwan, transfer of *Azospirillum irakense* (1989) as *Niveispirillum irakense* comb. nov., and reclassification of *Azospirillum amazonense* (1983) as *Nitrospirillum amazonense* gen. nov. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 105, p. 1149-1162, 2014.

LIRA, D. N. S.; ARAUCO, A. M. S.; BOECHAT, C. L.; MOITINHO, M. R.; LACERDA, J. 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, p. e0190155, 2020.

LOPES M. N.; CÂNDIDO M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, R. G.; CARNEIRO, M. S. S. MORAIS, L. B.; NETOM.J.A. PEIXOTOT.C.F. CARVALHO. Biomass components and structure of massai grass fertilized with nitrogen and grazed by sheep. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71(04), 2019.

MATOSO, E. S.; AVANCINI, A. R.; MACIEL, K. F. K.; ALVES, M. C.; SIMON, E. D. T.; SILVA, M. T. DA.; DIAS, N. L.; SILVA, S. D. DOS A. Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, p. 7261–7274, 2020.

MAZZARO, Marcio A. T.; VIDAL, Mariane C.; FROTA, Lucy F. Bioeconomia e os bioinsumos. In: PARRA, Rafaela A. (Org.). **Direito aplicado ao agronegócio**. 3 ed. Londrina, PR: Editora Thoth, 2022, p. 573-591.

MATSUMOTO, L. S.; SATURNO, D. F.; OLIVEIRA, A. L. M. de; SILVA, A. P.; BABUJA L. C.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M **Avaliação da eficiência do inoculante contendo estirpes de *Azospirillum brasilense* em variedades de cana-de-açúcar.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 26.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BACTÉRIAS LÁTICAS; ENCONTRO NACIONAL DE PROFESSORES DE MICROBIOLOGIA; SIMPÓSIO DE COLEÇÕES DE CULTURAS, 4, Foz do Iguaçu. Anais... São Paulo: SBM, 2011.

OLANREWAJU, O. S.; GLICK, B. R.; BABALOLA, O. O. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, p.197, 2017.

OLIVEIRA, A. R.; SIMÕES, W. L. Cultivares de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas em condições irrigadas no semiárido brasileiro. **Revista Energia na Agricultura**, v. 31, p. 154-161. 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. A. **Cana-de-açúcar inoculada com *Azospirillum brasiliense* e associada com fertilizante de algas e ureia.** Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias-Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA. Areia: UFPB/CCA, 2022. 33 f.

PEDULA, R. O.; SCHULTZ, N.; MONTEIRO, R. C.; PEREIRA, W.; ARAÚJO, A. P.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Growth analysis of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2786-2795, 2016.

PEREIRA, V. H.; ROSA-MAGRI, M. M. Compatibilidade entra a bactéria diazotrófica *Nitrospirillum amazonense* e vinhaça: alternativa para nutrição de cana-de-açúcar. **Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente**, v. 11, p. e11204, 2021.

REIS, C. R.; CARVALHO, A. K. F.; BENTO, H. B. S.; ALVES, T. M.; CASTRO, H. F. Lowering the inhibition of sugarcane vinasse as a culture medium for oleaginous fungi through oxidative pre-treatment aiming at the degradation of toxic compounds. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 95, p. 2943-2950, 2020.

ROSA, C. C. **Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a tratamento químico e bioestimulantes.** 2020. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Brasília DF, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020.

SANTOS, S.G.; CHAVES, V.A; DA SILVA, F.; ALVES, G.C.; REIS, V.M. Rooting and growth of pre-germinated sugarcane seedlings inoculated with diazotrophic bacteria. **Applied Soil Ecology**, v. 133, p. 12-23, 2018.

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, p. 32575-32592, 2021.

SCUDELETTI, D. **Modos de inoculação de *Azospirillum brasilense* em cana-de-açúcar** / Daniele Scudeletti. Botucatu: [s.n.], 2016.

SCUDELETTI, D.; CRUSCIOL, C. A. C.; MOMESSO, L.; BOSSOLANI, J. W.; MORETTI, L. G.; OLIVEIRA, E. F.; TUBAÑA, B. S.; SILVA, M. A.; CASTRO, S. G. Q.; HUNGRIA, M. Inoculation with *Azospirillum brasilense* as a strategy to enhance sugarcane biomass production and bioenergy potential. **European Journal of Agronomy**, v. 144, p. 126749, 2023.

SCHULTZ, N. **Fixação Biológica de nitrogênio associada à cultura de cana de açúcar: eficiência e contribuição da Inoculação com bactérias diazotróficas**. 2012. 119f. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do solo) Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 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.

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, p. 1594-1601, 2016.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P; MACEDO, L. O. B. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 1, p. 266-285, 2022.

SOUZA, J. A. L. **Aplicação de *Azospirillum brasilense* e nitrogênio no sulco de plantio e o efeito nos componentes de produção e estado nutricional da cana-de-açúcar**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira: [s.n.], 2024.

SHIN, W.; ISLAM, R.; BENSON, A.; JOE, M. M.; KIM, K.; GOPAL, S.; SAMADDAR, S.; BANERJEE, S.; SA, T. Role of diazotrophic bacteria in biological nitrogen fixation and plant growth improvement. **Korean Journal of Soil Science and Fertilizer**, v. 49, p.17 -29 2016.

TEIXEIRA, L. S. **Aplicação de *Azospirillum brasilense* nos parâmetros produtivos da cana-de-açúcar**. Curso de Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas- Dracena- SP, 2025.

UDVARDIA, M.; BRODIE, EOIN L.; RILEY, W.; KAEPPPLER, S.; LYNCH, J. Impacts of agricultural nitrogen on the environment and strategies to reduce these impacts. **Procedia Environmental Sciences**, v. 29, p. 303-318, 2015.

ZENG, X. P.; ZHU, K.; LU, J-M.; JIAN, Y.; YANG, L-T.; XING, Y-X.; LI, Y-R. Long-term effects of different nitrogen levels on growth, yield, and quality in sugarcane. **Agronomy**, v. 10, p. 353, 2020.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| ☒ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☐ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo: _____

Nome completo do autor:

Elizabete Lourenço Pires

Matrícula:

2022102320140005

Título do trabalho:

**INOCULANTES MICROBIANOS NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E VARIÁVEIS
TECNOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR**

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30/09/2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

26/09/2025

Local

Data

Elizabete Lourenço Pires

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do orientador

