



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

Azospirillum brasilense E DOSES DE NITROGÊNIO NO
CULTIVO DE MILHO-DOCE

Autor(a): Daniela Valmorbida
Orientador(a): Emmerson Rodrigues de Moraes

MORRINHOS – GO
2025

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

Azospirillum brasilense E DOSES DE NITROGÊNIO NO
CULTIVO DE MILHO-DOCE

Autor(a): Daniela Valmorbida
Orientador(a): Emmerson Rodrigues de Moraes

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS – GO
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

V196a Valmorbida, Daniela.

Azospirillum brasilense e doses de nitrogênio no cultivo de milho doce. /
Daniela Valmorbida. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2025.
43 f. : il. color.

Orientador: Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos,
Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2025.

1. *Zea mays L. convar. Saccharata*. 2. Fertilizantes nitrogenados. 3.
Cerrado. I. Moraes, Emmerson Rodrigues de. II. Instituto Federal Goiano.
III. Título.

CDU 633.15:631.51

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)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

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

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 inclusos 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.

Documento assinado digitalmente
 **DANIELA VALMORBIDA**
Data: 29/07/2025 23:05:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ /
Data

Documento assinado digitalmente
 **EMMERSON RODRIGUES DE MORAES**
Data: 01/08/2025 08:06:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



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

Ata nº 13/2025 - NEG/MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº 01

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO EM OLERICULTURA

Aos dois dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e cinco, às 09h:30 hs (nove horas e trinta minutos), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada a distância on line <<https://meet.google.com/hwu-txxq-abp>> para procederem a avaliação da defesa da dissertação do trabalho de Mestrado em Olericultura, intitulada "*Azospirillum brasilense e doses de nitrogênio no cultivo de milho doce*" de autoria de **Daniela Valmorbida**, discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo orientador e presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura (PPGOL), e procedidas às correções recomendadas, a Defesa foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRA EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Sistemas de Produção de Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva, dos documentos da defesa, com as devidas correções. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Mestrado em Olericultura, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes	IF Goiano-Campus Morrinhos	Presidente
Profa. Dra. Clarice Aparecida Megguer	IF Goiano-Campus Morrinhos	Membro interno
Prof. Dr. Rafael Resende Finzi	Universidade Federal de Uberlândia/UNIPAC	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Emmerson Rodrigues de Moraes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 02/06/2025 15:03:21.
- **RAFAEL RESENDE FINZI, RAFAEL RESENDE FINZI - Professor Avaliador de Banca - Ufu (1)** , em 02/06/2025 15:18:27.
- **Clarice Aparecida Megguer, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO** , em 02/06/2025 15:19:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/06/2025. 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: 712823

Código de Autenticação: 7068f63357



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste projeto.

Agradeço primeiramente a minha família pelo amor, apoio incondicional e incentivo durante toda essa jornada, em especial a minha parceira Daniela Prato Pinto.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos e ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura por me proporcionar um ambiente acadêmico rico e inspirador, fundamental para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao professor e orientador Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes, pela orientação, troca de conhecimentos e confiança para realização dessa pesquisa.

À Kraft Heinz, pela oportunidade de aplicar e expandir meus conhecimentos na prática, contribuindo para meu crescimento.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições valiosas que certamente enriquecerão meu percurso acadêmico.

Aos discentes do curso de Agronomia pelo suporte e colaboração. O apoio de vocês foi fundamental para o sucesso deste projeto.

Enfim, agradeço a todos os Professores e colegas de curso do Programa de Pós-Graduação em Olericultura, pelas trocas que tornaram essa jornada ainda mais significativa para minha formação acadêmica e pessoal.

Muito obrigada a todos!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Daniela Valmorbida, filha de Elzio Valmorbida e Marucia Canal Valmorbida, nasceu em 16 de janeiro de 1997, na cidade de Videira - Santa Catarina.

Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Videira, formada em dezembro de 2014 e graduada em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel em abril de 2020. Em março de 2023 iniciou no curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, sob orientação do professor Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. A cultura do milho-doce	10
2.2. Nitrogênio	11
2.3. <i>Azospirillum brasilense</i>	13
2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
RESUMO.....	18
3. INTRODUÇÃO	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Área experimental.....	21
4.2. Manejo	25
4.3. Inoculação das sementes	26
4.4. Variáveis Analisadas.....	27
4.4.1. Altura de planta e de inserção da espiga	27
4.4.2. Diâmetro de colmo	27
4.4.3. Teor de clorofila das plantas.....	28
4.4.4. Teor de nitrogênio foliar	29
4.4.5. Produtividade de espigas e rendimento de grãos	29
4.4.6. Análise estatística	30
5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Altura de planta e inserção de espiga.....	32
5.2. Diâmetro de colmo.....	32

5.3. Índice de Clorofila	34
5.4. Teor de Nitrogênio Foliar	36
5.5. Produtividade de Espigas.....	37
5.6. Rendimento de grãos	39
6.0. CONCLUSÕES.....	40
7.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

RESUMO

VALMORBIDA, DANIELA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, maio 2025. *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio no cultivo de milho-doce. Orientador: Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, apresentando ampla aptidão para produção de milho-doce (*Zea mays* L. grupo saccharata), que tem seu cultivo concentrado no estado de Goiás. Como outros tipos de milho, o milho-doce possui alta exigência em adubação nitrogenada, mas seu uso ineficiente pode elevar custos. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso da bactéria *Azospirillum brasilense* inoculada via sementes em associação com diferentes doses de nitrogênio em aspectos produtivos de plantas de milho-doce no cerrado brasileiro. O experimento foi conduzido em dois anos, no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. O esquema fatorial foi 2 x 5, e os tratamentos consistiram em inoculação ou não com o *Azospirillum* e cinco doses de nitrogênio aplicado em cobertura (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹). As variáveis avaliadas foram: altura de plantas e de inserção de espiga, diâmetro de colmo, teor de clorofila, teor de nitrogênio nas folhas, produtividade de espigas e rendimento de grãos. A inoculação proporcionou, no primeiro ano, aumento de 4,3% no índice de clorofila e 10,3% na produtividade, mas sem efeito significativo em outras variáveis. A adubação nitrogenada apresentou o maior diâmetro do colmo e o maior teor de N foliar nas maiores doses, mas não alterou a produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays* L. convar. *Saccharata*, bactérias diazotróficas, adubação nitrogenada, cerrado.

ABSTRACT

VALMORBIDA, DANIELA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, May 2025. *Azospirillum brasilense* and nitrogen doses in the sweet corn cultivation. Advisor: Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes.

Brazil is one of the world's largest corn producers and has a strong potential for sweet corn (*Zea mays* L. saccharata group) production, which is primarily cultivated in the state of Goiás. Like other types of maize, sweet corn has a high nitrogen fertilization requirement, but its inefficient use can increase costs. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of seed-inoculated *Azospirillum brasilense* in combination with different nitrogen rates on the productive traits of sweet corn plants in the Brazilian cerrado biome. The experiment was carried out over two years at the Instituto Federal Goiano, Morrinhos Campus, in a randomized complete block design with four replications. The treatments followed a 2 x 5 factorial scheme, consisting of inoculation or not with *Azospirillum* and five nitrogen topdressing rates (0, 60, 120, 180, and 240 kg ha⁻¹). The evaluated variables were plant height and ear insertion height, stem diameter, chlorophyll content, leaf nitrogen content, ear yield, and grain yield. In the first year, inoculation led to a 4.3% increase in chlorophyll index and a 10.3% increase in ear yield but had no significant effect on other variables. Nitrogen fertilization resulted in the largest stem diameter and highest leaf nitrogen content at higher doses but did not affect ear yield.

Keywords: *Zea mays* L. convar. saccharata, diazotrophic bacteria, nitrogen fertilization, cerrado.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de milho comum (*Zea mays* L.), e ocupa o terceiro lugar em produção de grãos, superado apenas pelos Estados Unidos e pela China (USDA, 2023). Nesse cenário, o país também apresenta ampla aptidão ao cultivo de outros tipos especiais de milho, como o milho-doce (*Zea mays* L. grupo saccharata). No Brasil, esse tipo especial de milho é considerado um produto hortícola (ABCSEM, 2015) e em 2018 a área cultivada da cultura foi de aproximadamente 38.000 hectares (CARVALHO, 2018).

O milho-doce diferencia-se dos outros tipos de milho pelas mutações sofridas que proporcionaram maiores concentrações de açúcares no endosperma (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016). A botânica e a reprodução do milho-doce são idênticas às do milho comum (*Zea mays* L.). Esses teores de açúcar favorecem a utilização do milho-doce na produção de alimentos enlatados pelas indústrias alimentícias, e seu consumo *in natura* (REVILLA; ANIBAS; TRACY, 2021).

O Estado de Goiás tem a maior área plantada da hortaliça no país, cerca de 85% de toda a produção¹. Isso também atraiu as maiores indústrias processadoras, principalmente pela possibilidade de cultivo durante todo o ano, tornando as indústrias da região competitivas também no cenário internacional (MIRANDA, 2016).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido pelos diferentes tipos de milho e seu suprimento inadequado é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento da cultura (SILVA; SILVA; LIBADI, 2013). Além de ser o nutriente que mais onera o custo de produção (LADHA, 2016), o N é dinâmico e pode passar por transformações e perdas no solo, como volatilização da amônia (NH₃), lixiviação de nitrato (NO₃) e emissão de óxido nitroso (N₂O) (VIEIRA, 2017).

As consequências da baixa eficiência de absorção de nitrogênio só agravam no cenário econômico atual, e os gastos médios com fertilizantes, inclusive os nitrogenados, dobraram em 2022, comparado a 2021 (CEPEA-USP, 2022).

Em Poaceas, bactérias do gênero *Azospirillum* apresentam mecanismos que influenciam positivamente o desenvolvimento da planta e a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (ZUFFO *et al.* 2016).

Dessa forma, estudos que visam aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no cultivo de milho-doce tornam-se essenciais, portanto, o objetivo do projeto foi avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho-doce submetido à diferentes doses de nitrogênio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho-doce

O milho-doce (*Zea mays* L. grupo saccharata), da família das Poaceas, e do gênero *Zea*, é produzido no Brasil com a principal finalidade do processamento industrial, e é pouco difundido para o consumo *in natura*. No país a cultura é considerada uma olerícola com características relevantes que favorecem o processamento industrial, destacando a presença de alelos mutantes que bloqueiam a conversão dos açúcares em amido no endosperma. Esse bloqueio caracteriza o sabor adocicado, além da espessura do pericarpo (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).

O surgimento da cultura ocorreu provavelmente através de mutações, é improvável que o milho-doce tenha surgido como uma raça selvagem na natureza, como os outros tipos de milho. O milho-doce possui alelos que resultam em problemas potenciais de germinação e emergência, especialmente em ambientes desfavoráveis, sendo assim a cultura teria dificuldade para sobrevivência por meio de sementes. No geral, a cultura é classificada em dois grupos: superdoce (contém o gene Brittle ou Shrunken) e doce (contém o gene Sugary) (REVILLA; ANIBAS; TRACY, 2021).

No Brasil, a área cultivada em 2018 foi de aproximadamente 38.000 hectares, e o estado de Goiás foi responsável por 85% da produção nacional (CARVALHO, 2018). A possibilidade de cultivo durante todo o ano no estado, atraiu as maiores indústrias processadoras, que também processam tomate industrial e adotam o milho-doce como cultura de interesse na rotação de cultivos. A vantagem produtiva da região tornou as indústrias competitivas também no cenário internacional (MIRANDA, 2016).

O principal genótipo cultivado no Brasil é do grupo mutante sh2, que atende o mercado consumidor, mas possui dificuldades quanto à qualidade das sementes, que originam plântulas frágeis e suscetíveis ao tombamento (FARIA; NASCIMENTO,

2014). Essas limitações da semente de milho-doce ocorrem pelo teor de açúcares solúveis, que fazem com que as sementes tenham menos resistência aos danos e maior tendência a associação com fungos fitopatogênicos (GUISCHEM *et al.* 2001). Mesmo com limitações a cultura possui alto valor agregado em muitos países, e em muitos casos pode ser a principal cultura plantada, por isso tem sido cultivada com alto investimento e tecnologia (REVILLA; ANIBAS; TRACY, 2021).

A expansão do mercado de milho-doce no Brasil é evidente. As indústrias de conservas alimentícias possuem demanda cada vez maior, e com equipamentos cada vez mais modernos, primam pela qualidade do envasamento do produto. Para atender o crescimento desse setor muitos são os fatores envolvidos na obtenção de altas produtividades de campo e, dentre eles, estão o cultivar a ser utilizado e o manejo cultural adequado. Além da produtividade, também deve-se buscar características importantes para o processamento industrial como o alto rendimento de grãos (PEREIRA FILHO; TEIXEIRA, 2016).

Dentre os fatores que influenciam na produtividade de diferentes culturas, destaca-se a adubação. Para os diferentes tipos de milho, o nutriente mais exigido é o nitrogênio, e o suprimento inadequado é um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento (SILVA; SILVA; LIBADI, 2013).

2.2. Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um componente de muitas moléculas essenciais nos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas, portanto é considerado um dos elementos mais requeridos pelas plantas. Além disso, o N constitui vários compostos secundários de mecanismos de defesa das plantas. O milho necessita grandes quantidades do nutriente, e a deficiência compromete o desenvolvimento e a produtividade da cultura. (PIZOLATO *et al.*, 2016; BATISTA *et al.*, 2019).

O N é um elemento bastante dinâmico no sistema solo-planta-atmosfera e muitos fatores influenciam a disponibilidade para as plantas. No geral, a eficiência de utilização do nitrogênio pelas plantas é baixa, o que contribui para que o nutriente passe por perdas significativas no ambiente produtivo. Essas perdas estão associadas, principalmente, a processos como a volatilização da amônia (NH₃), a lixiviação de nitrato (NO₃⁻) e a emissão de óxido nitroso (N₂O) (VIEIRA, 2017).

As formas que o elemento pode ser absorvido pelos organismos vivos é amônio (NH₄⁺) ou nitrato (NO₃⁻), sendo o primeiro preferido pelas bactérias e o segundo pelas

plantas, já que o amônio é tóxico para as células vegetais. Uma vez absorvido na forma de nitrato, o nitrogênio é imediatamente convertido em nitrito (NO_2^-) pela enzima nitrato redutase, e o nitrito é então convertido em amônia pelo nitrito redutase. A amônia formada nesse processo dá origem aos aminoácidos glutamina e glutamato, precursores de muitos dos outros aminoácidos sintetizados pelas plantas (TAIZ, ZEIGER, 2017).

Na agricultura, as principais fontes minerais de N utilizadas no Brasil são a ureia, que representa 54% do total, seguido do Sulfato de Amônio (10%), nitrato de amônio (9%) e nitrato de amônio e cálcio (3%). A ampla utilização da ureia ocorre pela alta concentração de nitrogênio (45% N), facilidade de aplicação e baixo custo (CANTARELLA, 2023). Porém, a ureia tem alta suscetibilidade à perda de N pela volatilização do NH_3 , mas nem sempre essa perda afeta a produtividade a curto prazo (OTTO *et al.*, 2021) já que o solo fornece grande parte do nitrogênio e outros nutrientes necessários à planta (CANTARELLA, 2023).

A quantidade de N a ser fornecida para os diferentes tipos de milho é variável e depende de diversos fatores. Para milho grão as doses recomendadas podem chegar a 200kg ha^{-1} para maiores produtividades (GALINDO *et al.*, 2016). Para milho verde, em safra de inverno, as doses podem chegar a 160 kg ha^{-1} para maior rentabilidade (SOUZA, *et al.*, 2019).

Para a cultura do milho-doce a literatura ainda é escassa. Para produção de semente Zucareli *et al* (2018) concluiu que a dose de 120 kg ha^{-1} aumentou a produtividade da variedade BR 400, entretanto Souza *et al* (2015) concluíram que a resposta do milho-doce à adubação nitrogenada depende de diversos fatores, como histórico da área, condições de clima e fertilização do solo.

Apesar da utilização de fertilizantes minerais para fornecimento de N na agricultura, a fonte mais importante deste nutriente é a atmosfera, na forma molecular (N_2) (VIEIRA, 2017) e a reação de redução do N atmosférico, as formas assimiláveis pelas plantas podem acontecer na natureza através de alguns organismos procaríotos, que assimilam o N_2 e convertem-no em amônia (NH_3). Esse processo é chamado de FBN (Fixação Biológica de Nitrogênio) (POSTGATE, 1982).

Muitas plantas cultivadas mantêm em suas raízes populações ativas de microrganismos diazotróficos (capazes de fixar N atmosférico), e ao longo do processo evolutivo essas associações sofreram especializações, o que resultou em relações muito estreitas entre plantas e bactérias (MORAIS, 2012). A associação entre essas bactérias e

culturas de interesse econômico é uma alternativa para diminuir a utilização de fertilizantes nitrogenados, já que é o nutriente que mais onera o custo de produção (LADHA, 2016). Para a cultura do milho, destacam-se bactérias do gênero *Azospirillum*, capazes de fixar N, aumentando a eficiência da adubação nitrogenada e incrementando produtividade (BASSETTO JÚNIOR *et al.*, 2020).

2.3. *Azospirillum brasilense*

Azospirillum brasilense é uma bactéria gram-negativa diazotrófica, e esse grupo filogenético é caracterizado pela capacidade de fixar nitrogênio (MOREIRA *et al.* 2010). A identificação de bactérias desse tipo é baseada no isolamento de genes responsáveis pela síntese da enzima nitrogenase, responsável pela catálise da reação que transforma o nitrogênio atmosférico em amônia, ou pela medição da atividade dessa enzima (AYYAZ *et al.*, 2016).

O *Azospirillum* spp. apresenta ampla distribuição nos solos tropicais e subtropicais, e tem sido demonstrado que as bactérias desse gênero apresentam diversos mecanismos para proteção (formação de cistos, produção de melanina, de poli- β -hidroxibutirato), que podem facilitar a sobrevivência em condições desfavoráveis (DEL GALLO; FENDIRIK, 1994).

Associadas a poaceas, bactérias do gênero *Azospirillum* apresentam mecanismos que podem influenciar positivamente o desenvolvimento da planta e a fixação biológica do nitrogênio, através do estímulo para a produção de fitohormônios como, por exemplo, as giberelinas, melhoria dos parâmetros fotossintéticos, da condutância estomática e da elasticidade da parede celular, alterando as variáveis de produção dessas plantas (ZUFFO *et al.*, 2016).

A utilização de bactérias desse gênero na agricultura pode possibilitar o aumento da produtividade e rendimento das plantas, além da redução do impacto ambiental decorrente da utilização de fertilizantes nitrogenados. Hungria *et al.* (2022) estudou amplamente a influência da inoculação com *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) no desenvolvimento de plantas de milho comum, não só quanto ao aumento de produtividade (4,0% em regiões de clima tropical e 3,1% em regiões de clima subtropical), mas também em relação às causas fisiológicas que possibilitaram esse aumento.

Entretanto, vários fatores podem influenciar a eficiência da atividade bacteriana no solo, como variações edafoclimáticas, temperatura, umidade, pH e composição

microbiológica do solo (PELLOSO *et al.*, 2023). Perdomo *et al* (2015) identificaram que a temperatura ideal para desenvolvimento da bactéria é de 30°C e que temperaturas mais elevadas (34 e 36°C) inibiram totalmente o desenvolvimento de *A. brasilense*. Além disso, os autores também identificaram que o pH que mais favoreceu o desenvolvimento da bactéria foi de 6,8. Para produção de biofertilizante à base de *Azospirillum*, a faixa ideal de pH varia entre 6,5 e 7,0 (STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000).

Além dos fatores ambientais, o manejo utilizado na área também pode influenciar o sucesso da inoculação com *Azospirillum*, como a utilização do glifosato para manejo de plantas daninhas, que resulta na redução da atividade microbiana, inclusive de bactérias (ARAÚJO; MONTEIRO; ABARKELI, 2003).

E mesmo existindo diversos trabalhos sobre a utilização de *A. brasilense* na cultura do milho, Rockenbach *et al* (2017) afirma que a principal barreira à utilização desse microrganismo tem sido a inconsistência dos resultados de pesquisas. Para milhos especiais, como o milho-doce, a literatura ainda é escassa e a maioria das pesquisas foram conduzidas na região Sul do país (NUMOTO *et al.*, 2019; PELLOSO *et al.*, 2023). Além disso, mostram resultados variados, Numoto *et al* (2019) identificaram aumento de produtividade de espigas com a utilização de *A. brasilense* (cepas AbV5 e AbV6), mas não observaram esse comportamento em características qualitativas.

Dessa forma, torna-se necessária a realização de mais estudos para avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense*, principalmente sob as condições edafoclimáticas do estado de Goiás, principal estado produtor de milho-doce.

2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças. **Levantamento de dados socioeconômicos do agronegócio de hortaliças**, Campinas, 2015. Disponível em:

<http://www.abcsem.com.br/imagens_noticias/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20completa%20dos%20dados%20da%20cadeia%20produtiva%20de%20hortali%C3%A7as%20-%2029MAIO2014.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2023.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, v. 52, n. 5, p. 799–804, 2003.

AYYAZ, K.; ZAHEER, A.; RASUL, G.; *et al.* Isolation and identification by 16S rRNA sequence analysis of plant growth-promoting azospirilla from the rhizosphere of wheat. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 3, p. 542–550, 2016.

BASSETTO JÚNIOR, N.; ALVES, G. H. T.; BELLETTINI, S.; BELLETTINI, N. M. T. Nitrogen Splitting and Seed Inoculation with *Azospirillum brasilense* in Corn Culture. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 89401–89426, 2020.

BATISTA, V. V.; OLIGINI, K. F.; GIARETTA, R.; RABELO, P. R.; ADAMI, P. F.; LINK, L.; Densidade de plantas e doses de nitrogênio no cultivo de milho safrinha no Paraná. **Agrarian (Dourados)**, vol. 12, n. 45, p. 296-307, 2019.

CANTARELLA, H. Opções de fontes de nitrogênio para a agricultura brasileira. Campinas: Instituto Agronômico, 30p, 2023. (Documentos IAC, 120). Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/documentoiac_120.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

CARVALHO, S. L.; SILVA, R. V. **Levantamento e controle biológico de *Pratylenchus brachyurus* na cultura do milho doce**. Dissertação (Mestrado) Olericultura – IFG, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, GO, 2018.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Gasto médio com fertilizantes para produção de grãos dobra em um ano**. Piracicaba, 2022, 5p. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/categoria/opinioao-cepea.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2023.

DEL GALLO, M.; FENDIRIK, I. The rhizosphere and *Azospirillum*. In: OKON, Y. (eds.) **Azospirillum Plant associations**. Boca Raton-FL: CRC Press, p.57-75, 1994.

FARIA, L. A. L.; NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de milho-doce. In: Nascimento W. M, editor. **Produção de sementes de hortaliças**, volume I. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 241-278, 2014.

GALINDO F, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTE, J. L. M. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization

and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, n. 0, 2016.

GUISCHEM, J. M.; ZUCARELI, C.; NAKAGAWA, J.; ZANOTTO, M. D. Fungos associados a sementes de milho doce das cultivares BR 400 (bt), BR 441 (su) e BR 402 (SU). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, 2001, v. 24, n. 1, p. 247.

HUNGRIA, M., BARBOSA, J. Z., RONDINA, A. B. L., & NOGUEIRA, M. A. (2022). Improving maize Sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v.114, p. 2969-2980, 2022.

LADHA, J. K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C. K.; *et al.* Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 19355, 2016.

MIRANDA, R. A. Aspectos econômicos do mercado de milho-doce. In: PEREIRA FILHO, Israel, Alexandre.; TEIXEIRA, Flavia. França. (Org.). **O cultivo de milho-doce**. Brasília: Editora Embrapa, p. 289-298, 2016.

MORAIS, T. P. Adubação Nitrogenada e Inoculação com *Azospirillum brasilense* em híbridos de milho. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NOBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, vol 1, n. 2, p 74, 2010.

NUMOTO, A, Y.; VIDIGAL FILHO, P, S.; SCAPIM, C, A.; *et al.* Agronomic performance and sweet corn quality as a function of inoculant doses (*Azospirillum brasilense*) and nitrogen fertilization management in summer harvest. **Bragantia**, v. 78, n. 1, p. 26–37, 2019.

OTTO, R.; CANTARELLA, H.; GUELFY, D.; CARVALHO, M. C. S. Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba. n. 9, NPTC, p. 30-50, 2021.

PELLOSO, M. F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; *et al.* Agronomic performance and quality of baby corn in response to the inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization in the summer harvest. **Heliyon**, v. 9, n. 4, p. e14618, 2023.

PERDOMO, F, R.; RUSINQUE, M, C.; CAMPOS, P, C.; *et al.* Efecto de la temperatura y el pH en la producción de biomasa de *Azospirillum brasilense* C16 aislada de pasto guinea. **Pastos y Forrajes**. v. 38, n. 3, p.133-134, 2015.

PEREIRA FILHO, A, I; TEIXEIRA, F. F. O cultivo do milho doce. 1 ed. Brasília: Editora Embrapa, 2016. 298 p.

PIZOLATO, A. N.; CAMARGOS, A. E. V.; VALERIANO, T. B.; SGOBI, M. A.; SANTANA, M. J.; Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. **Nucleus**, vol. 13, no. 1, p. 87-96, 2016.

POSTGATE, J. R., **The Fundamentals of Nitrogen Fixation**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 375-385, 1982.

REVILLA, P.; ANIBAS, C. M.; TRACY, W. F. Sweet Corn Research around the World 2015–2020. **Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 534, 2021.

ROCKENBACH, A. D. M.; ALVAREZ, J. W. R.; FOIS, D. A. F.; TIECHER, T.; KARAJALLO, J. C.; TRINIDAD, S. A.; Eficiência da aplicação de *Azospirillum* brasileiro associado ao nitrogênio na cultura do milho. *Acta Iguazu*, Cascavel, v.6, n.1, p. 33-44, 2017.

SILVA, F. C.; SILVA, M. M.; LIBADI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agrônomicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3513-3528, 2013.

SOUZA, E. G. F.; CRUZ, E. A.; FRANÇA, R. F.; SILVA, J. M.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F. Economic nitrogen rate for fertigation of green corn crop in the Brazilian semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e00556, 2019.

SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; *et al.* Effect of irrigation and nitrogen fertilization on agronomic traits of sweet corn1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 282–290, 2015.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**. v. 24, n. 4, p. 487-506, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Artmed, 2017.

USDA – United States Department of Agriculture. **World agriculture supply and demand estimates**. Washington, Foreign Agricultural Service, 2023. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity-markets/wasde/historical-wasde-report-data>>. Acesso em 10 jan. 2024.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas** 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 77-126.

ZUCARELI, C.; BAZZO, J. H. B.; SILVA, J. B.; COSTA, D. S.; FONSECA, I. C. B. Nitrogen rates and side-dressing timing on sweet corn seed production and physiological potential. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 344–351, 2018.

ZUFFO, A. M.; BRUZI, A. T.; REZENDE, P. M.; *et al.* Foliar application of *Azospirillum brasilense* in soybean and seed physiological quality. **African Journal of Microbiology Research**, v. 10, n 20, p. 675-680, 2016.

CAPÍTULO I
Azospirillum brasilense E DOSES DE NITROGÊNIO NO CULTIVO DE MILHO-
DOCE

(Normas de acordo com a revista ARACÊ - New Science Publishers)

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho, apresentando ampla aptidão para produção de milho-doce (*Zea mays* L. grupo saccharata), que tem seu cultivo concentrado no estado de Goiás. Como outros tipos de milho, o milho-doce possui alta exigência em adubação nitrogenada, mas seu uso ineficiente pode elevar custos. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso da bactéria *Azospirillum brasilense* inoculada via sementes em associação com diferentes doses de nitrogênio em aspectos produtivos de plantas de milho-doce no cerrado brasileiro. O experimento foi conduzido em dois anos, no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. O esquema fatorial foi 2 x 5, e os tratamentos consistiram em inoculação ou não com o *Azospirillum* e cinco doses de nitrogênio aplicado em cobertura (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹). As variáveis avaliadas foram: altura de plantas e de inserção de espiga, diâmetro de colmo, teor de clorofila, teor de nitrogênio nas folhas, produtividade de espigas e rendimento de grãos. A inoculação proporcionou, no primeiro ano, aumento de 4,3% no índice de clorofila e 10,3% na produtividade, mas sem efeito significativo em outras variáveis. A adubação nitrogenada apresentou o maior diâmetro do colmo e o maior teor de N foliar nas maiores doses, mas não alterou a produtividade.

Palavras-chave: *Zea mays* L. convar. *Saccharata*, bactérias diazotróficas, adubação nitrogenada, cerrado.

ABSTRACT

Brazil is one of the world's largest corn producers and has a strong potential for sweet corn (*Zea mays* L. saccharata group) production, which is primarily cultivated in the state of Goiás. Like other types of maize, sweet corn has a high nitrogen fertilization requirement, but its inefficient use can increase costs. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of seed-inoculated *Azospirillum brasilense* in combination with different nitrogen rates on the productive traits of sweet corn plants in the Brazilian cerrado biome. The experiment was carried out over two years at the Instituto Federal Goiano, Morrinhos Campus, in a randomized complete block design with four replications. The treatments followed a 2 x 5 factorial scheme, consisting of inoculation or not with *Azospirillum* and five nitrogen topdressing rates (0, 60, 120, 180, and 240 kg ha⁻¹). The evaluated variables were plant height and ear insertion height, stem diameter, chlorophyll content, leaf nitrogen content, ear yield, and grain yield. In the first year, inoculation led to a 4.3% increase in chlorophyll index and a 10.3% increase in ear yield but had no significant effect on other variables. Nitrogen fertilization resulted in the largest stem diameter and highest leaf nitrogen content at higher doses but did not affect ear yield.

Keywords: *Zea mays* L. convar. saccharata, diazotrophic bacteria, nitrogen fertilization, cerrado.

3. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de milho comum (*Zea mays* L.), ocupando o terceiro lugar em produção de grãos, superado apenas pelos Estados Unidos e pela China (USDA, 2023). Nesse cenário o país também apresenta ampla aptidão ao cultivo de outros tipos especiais de milho, como o milho-doce (*Zea mays* L. grupo saccharata) (LIMA *et al.*, 2020). Em 2018 o Brasil cultivou uma área de aproximadamente 38.000 hectares, e o estado de Goiás foi responsável por 85% da produção nacional (CARVALHO, 2018). Diante da importância da cultura, o suprimento adequado de nutrientes torna-se essencial na produção agrícola (SOUZA *et al.*, 2019).

O nitrogênio (N) destaca-se como o nutriente mais requerido pelos diferentes tipos de milho, e seu suprimento inadequado é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento da cultura (SILVA; SILVA; LIBADI, 2013). Contudo, os fertilizantes nitrogenados representam uma das maiores parcelas dos custos de produção (LADHA *et al.*, 2016). Além disso, o N é um nutriente muito dinâmico, sujeito a transformações e perdas no solo, como volatilização da amônia (NH₃), lixiviação de nitrato (NO₃) e emissão de óxido nitroso (N₂O), um gás de efeito estufa (VIEIRA, 2017). A baixa eficiência na absorção do N agrava-se com o aumento nos custos de fertilizantes, inclusive os nitrogenados, que dobraram em 2022 em relação a 2021, afetando a rentabilidade dos sistemas produtivos (CEPEA-USP, 2022).

Nesse contexto, destaca-se o potencial de bactérias promotoras de crescimento, como as do gênero *Azospirillum*, que promovem a fixação biológica de nitrogênio e sintetizam fitormônios, promovendo o desenvolvimento das plantas (PANKIEVICZ *et al.*, 2021; ZUFFO *et al.*, 2016). A utilização dessas bactérias na agricultura pode possibilitar incremento da produtividade (GALINDO *et al.*, 2019), do rendimento e redução da utilização de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA *et al.*, 2022). No milho-doce o uso de *A. brasilense* também apresenta potencial de incremento de produtividade (NUMOTO *et al.*, 2019), principalmente associado ao uso de doses ideais de N, que para semente de milho-doce (BR 400) é de 120 kg ha⁻¹ de N (ZUCARELLI *et al.*, 2018).

Entretanto o sucesso da inoculação e a eficiência da atividade de *A. brasilense* depende de diversos fatores, como temperatura, umidade, pH, manejo e a composição microbiológica (PELLOSO *et al.*, 2023). Estudos apontam que a temperatura ideal para o desenvolvimento da bactéria é de até 30°C, sendo que valores mais elevados (34 a

36°C) inibem o crescimento, enquanto o pH mais favorável varia entre 6,5 e 7,0 (PERDOMO *et al.*, 2015; STEENHOUDT; VANDERLEYDEN, 2000). Além dos fatores ambientais, práticas de manejo, como o uso de glifosato, também podem comprometer o sucesso da inoculação, ao reduzir a atividade microbiana do solo (ARAÚJO; MONTEIRO; ABARKELI, 2003).

Embora esses aspectos já estejam relativamente bem documentados, ainda são escassos os estudos que relacionam o uso de *Azospirillum brasilense* ao manejo de N na cultura do milho-doce, especialmente em condições distintas das do Sul do Brasil, em que se concentra a maioria das pesquisas (NUMOTO *et al.*, 2019; PELLOSO *et al.*, 2023; ZUCARELLI *et al.*, 2018). Diante dessa lacuna, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* em dois anos de cultivo de milho-doce no estado de Goiás, sob condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro, submetido à diferentes doses de nitrogênio, com ênfase em variáveis produtivas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida por dois experimentos conduzidos em condições de campo em dois anos distintos (2023 e 2024). Em ambos os anos sementes de um híbrido de milho-doce foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* (cepas AbV5 e AbV6) e submetidas a adubação com diferentes doses de nitrogênio em cobertura.

4.1. Área experimental

O projeto foi conduzido em dois locais da área experimental irrigada do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, Morrinhos, Goiás, Brasil (17°49'25,3" S 49°12'08,4" W e 17°49'31,0" S 49°12'04,7" W, 800m de altitude). Segundo classificação de Köppen-Geiger, o município enquadra no tipo Aw, com clima tropical, e apresenta pluviosidade média anual de 1352mm e temperatura média de 23,4°C (CLIMATE-DATA, 2024). Os cultivos ocorreram entre os meses de junho e setembro do ano de 2023 e entre abril e julho de 2024.

As temperaturas médias máximas e mínimas e a precipitação ocorrida durante o desenvolvimento dos trabalhos estão representadas nas Figura 1 (2023) e Figura 2 (2024). Observou-se, no primeiro ano, grande amplitude térmica, com temperaturas médias entre 13 e 30°C, crescentes até o fim do período e chuvas apenas no fim do ciclo da cultura. No dia da inoculação e plantio do primeiro experimento a temperatura

mínima foi de 14,4°C e a máxima 26,6°C, e a temperatura média dos primeiros 5 dias do experimento foi de 19,6°C.

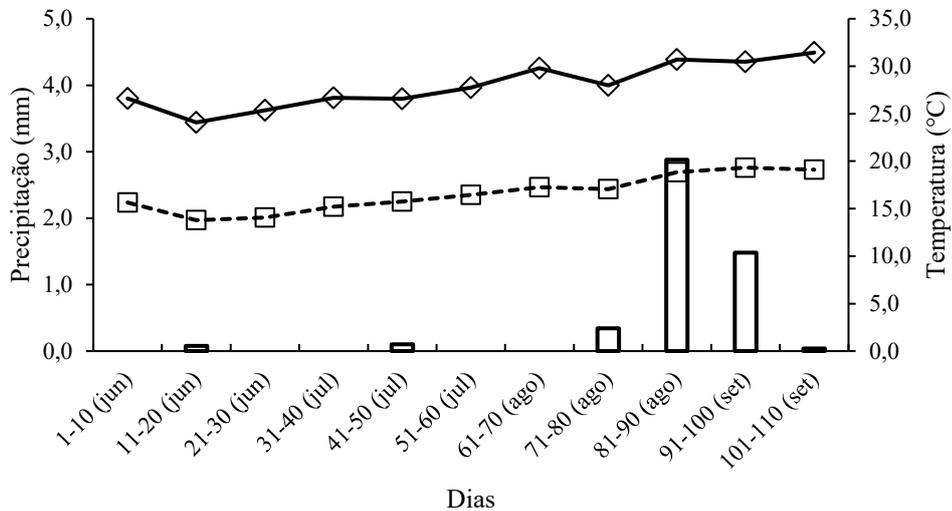


Figura 1. Precipitação pluvial, temperaturas mínimas e máximas, durante o período de 03 de junho e 26 de setembro de 2023.

Fonte: Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos (2023).

No segundo ano do experimento (Figura 2) observou-se temperaturas médias entre 16 e 25°C, mais uniformes ao longo de todo o ciclo, porém mais elevadas nos primeiros dias do experimento. No dia da inoculação e plantio do segundo experimento a temperatura mínima foi de 19,0°C e a máxima 28,6°C, e a temperatura média dos primeiros 5 dias do experimento foi de 23,0°C. A precipitação ocorreu apenas no início do ciclo da cultura. A falta de chuva nos dois anos foi suprida por irrigação via pivô central.

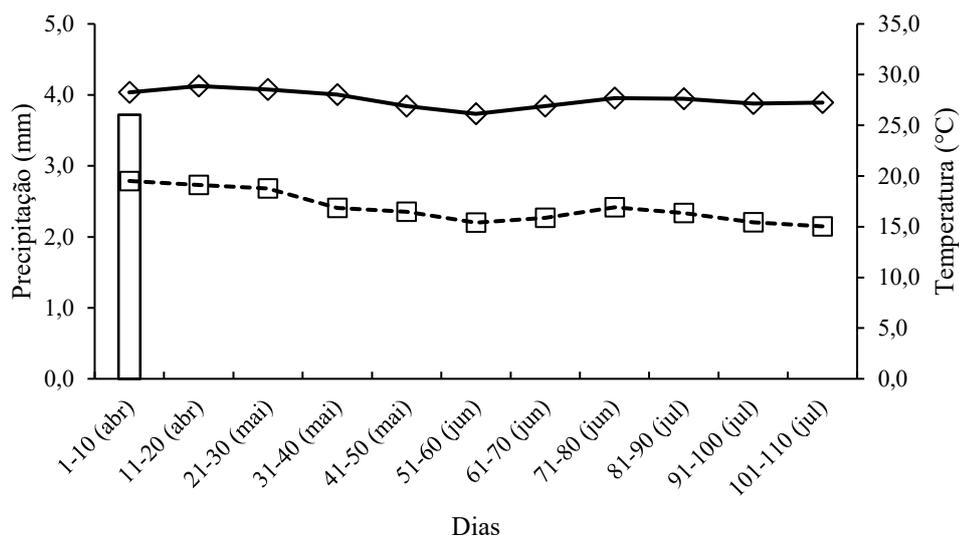


Figura 2. Precipitação pluvial, temperaturas mínimas e máximas, durante o período de 10 de abril de 2024.

Fonte: Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos (2024).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico com textura argilosa (SANTOS *et al.*, 2018), e antes da instalação de cada experimento foram coletadas amostras na profundidade de 0 a 20cm para determinação das características químicas e físicas, que estão representadas na Tabela 1 e 2.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental do primeiro ano do experimento, localizada no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2023.

Propriedades	Amostra (0-20 cm)
pH (CaCl ₂)	4,94
P me ^h -1 (mg dm ⁻³)	42,68
K ⁺ (mg dm ⁻³)	56,00
Ca ²⁺ (cmol dm ⁻³)	3,00
Mg ²⁺ (cmol dm ⁻³)	0,85
Al ³⁺ (cmol dm ⁻³)	0,20
H + Al ³⁺ (cmol dm ⁻³)	5,20
CTC (cmol dm ⁻³)	9,19
SB (cmol dm ⁻³)	3,99
V (%)	43,42
m (%)	4,77
MO (g dm ⁻³)	26,18

Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental do segundo ano do experimento, localizada no Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2024.

Propriedades	Amostra (0-20 cm)
pH (CaCl ₂)	5,52
P me ^h -1 (mg dm ⁻³)	4,07
K ⁺ (mg dm ⁻³)	113,56
Ca ²⁺ (cmol dm ⁻³)	4,33
Mg ²⁺ (cmol dm ⁻³)	1,83
Al ³⁺ (cmol dm ⁻³)	0,00
H + Al ³⁺ (cmol dm ⁻³)	3,80
CTC (cmol dm ⁻³)	10,25
SB (cmol dm ⁻³)	6,45
V (%)	62,93
m (%)	0,00
MO (g dm ⁻³)	25,05

Foram utilizados 10 tratamentos, em que o delineamento estatístico experimental foi em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais, em esquema fatorial 2 x 5. Avaliou-se o híbrido de milho-doce GSS0227 inoculado ou não com *Azospirillum brasilense* (cepas AbV5 e AbV6) e submetido a diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura (0, 60, 120, 180 e 240 kg de N ha⁻¹). O híbrido utilizado é geneticamente modificado, com a tecnologia Attribute® II da Syngenta e possui alto potencial produtivo com tolerância a doenças foliares e ao complexo do enfezamento (SYNGENTA, 2025).

As parcelas dos experimentos foram constituídas de 5 linhas de cultivo com 5m de comprimento, espaçadas de 0,6m entre si, totalizando 15m² por parcela em uma área experimental de 600m². Como parcela útil, considerou-se apenas as 3 linhas centrais. O croqui da área experimental e os tratamentos estão esquematizados na Figura 3.

Número	Tratamento
T1	Com <i>Azospirillum</i> - 0 kg ha ⁻¹ N
T2	Sem <i>Azospirillum</i> - 0 kg ha ⁻¹ N
T3	Com <i>Azospirillum</i> - 60 kg ha ⁻¹ N
T4	Sem <i>Azospirillum</i> - 60 kg ha ⁻¹ N
T5	Com <i>Azospirillum</i> - 120 kg ha ⁻¹ N
T6	Sem <i>Azospirillum</i> - 120 kg ha ⁻¹ N
T7	Com <i>Azospirillum</i> - 180 kg ha ⁻¹ N
T8	Sem <i>Azospirillum</i> - 180 kg ha ⁻¹ N
T9	Com <i>Azospirillum</i> - 240 kg ha ⁻¹ N
T10	Sem <i>Azospirillum</i> - 240 kg ha ⁻¹ N

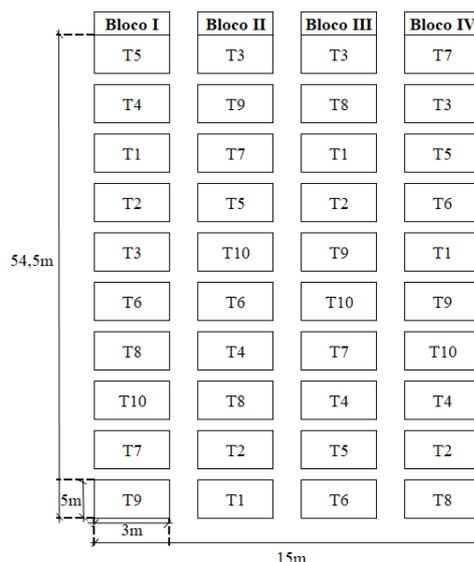


Figura 3. Esquema da área experimental do ensaio.
Fonte: Valmorbidia (2024).

4.2. Manejo

Cerca de 30 dias antes da semeadura dos dois anos foi realizada a correção de solo da área com 2 t ha⁻¹ de calcário (32% de CaO e 14% de MgO), parcelada em duas aplicações, logo após a primeira aplicação a área foi preparada com escarificador, grade, niveladora e rolo agrícola.

A área foi adubada antes do plantio com 300 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral à base de fosfato monoamônico (07-38-00) na linha de plantio e logo após o plantio, aplicou-se 84 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura. As doses de N em cobertura utilizadas foram: 0, 60, 120, 180 e 240 kg de N ha⁻¹.

A semeadura dos ensaios ocorreu com plantadeira manual, 4 horas após a inoculação das sementes com *Azospirillum*, com densidade de aproximadamente 100.000 plantas ha⁻¹, com posterior desbaste até obter densidade de 60.000 plantas ha⁻¹. A semeadura foi realizada, no primeiro ano, no dia 03 de junho de 2023 e no segundo ano no dia 10 de abril de 2024.

Nos dois ensaios o controle de plantas daninhas aconteceu através do manejo pré-emergência com 1,2L ha⁻¹ de S-Metolaclo e 0,3L ha⁻¹ de Mesotriona, e em pós-emergência, quando o milho estava no estágio de desenvolvimento V₄, aplicou-se 1,5L ha⁻¹ de Atrazina + Mesotriona e 0,4 L ha⁻¹ de Nicossulfurom.

O manejo hídrico dos dois experimentos foi realizado através de irrigação via pivô central, de acordo com a exigência da cultura e suas fases de desenvolvimento.

As fontes de N utilizadas nas adubações de cobertura que constituíram os tratamentos foram a Ureia e o Sulfato de Amônio, que são os principais fertilizantes nitrogenados utilizados no Brasil (CANTARELLA, 2023). O parcelamento e a proporção das adubações de cobertura consideraram a curva de extração de nutrientes de milho-doce descrita por Maggio (2006), para o híbrido “tropical”. A curva mostra absorção de N durante todo o ciclo da cultura, com acúmulo crescente e em maior proporção na fase reprodutiva. Portanto, o parcelamento de cada tratamento ocorreu em 6 vezes, fornecendo respectivamente 8, 13, 17, 19, 21 e 23% de cada dose de N aplicada em cobertura.

Todo o manejo fitossanitário realizado foi conduzido com o objetivo de alcançar altas produtividades. Para o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) utilizou-se 0,4 L ha⁻¹ de Tiametoxam + Lambda-Cialotrina, aplicado nos estádios V_e, V₃, V₇, V₉ e V₁₁, 0,25 L ha⁻¹ de Isocicloseram + Lambda-Cialotrina, aplicados nos estádios V_e, V₂, V₄ e V₆, 1,0 L ha⁻¹ de Profenofós + Lufenuron, aplicado em V₁, V₈ e V₁₂, 1,0 L ha⁻¹ de Cipermetrina + Profenofós, aplicado em V₅ e V₁₀, 0,6 L ha⁻¹ de Clorantraniliprole + Abamectina, aplicado em R₁ e 0,4 L ha⁻¹ de Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole. Aplicado em R₂

Os ensaios constaram ainda de pulverizações com fungicidas à base de triazol + estrobirulina na dose de 0,3 L ha⁻¹, aplicados nos estádios V₄ e V₉ e à base de triazol + carboxamida na dose de 0,8 L ha⁻¹, aplicados no estádio R₁. Para todas as aplicações utilizou-se pulverizador de barra, o mais próximo possível das condições ideais de aplicação.

4.3. Inoculação das sementes

As sementes de milho-doce foram inoculadas com o produto comercial AZOKOP com o auxílio de sacos plásticos (Figura 4). A mistura foi realizada cuidadosamente, para garantir que a distribuição do inoculante líquido fosse uniforme nas sementes. Este inoculante contém estirpes da bactéria *Azospirillum brasilense* (cepas AbV5 e AbV6) em concentração mínima de 2x10⁸ Unidades Formadoras de Colônia (UFC) mL⁻¹.

Para os tratamentos com inoculação a dose aplicada seguiu a recomendação do fabricante, equivalente a 100mL do inoculante ha⁻¹, que foi dosada com o auxílio de seringa, e após inoculadas as sementes foram mantidas por cerca de 4h em local fresco e protegido do sol, até o momento da semeadura.



Figura 4. Inoculação de sementes de milho-doce com auxílio de saco plástico.
Fonte: Valmorbida (2023).

4.4. Variáveis Analisadas

4.4.1. Altura de planta e de inserção da espiga

A altura das plantas de milho-doce foi determinada com o auxílio de uma régua, bem como a altura da inserção da espiga, quando aproximadamente 50% das plantas estavam pendoadas, com cerca de 70 dias após o plantio (DAP). A altura compreendeu a distância entre a região do colo da planta e a inserção da última folha completamente desenvolvida (Figura 5) e a altura da inserção da espiga compreendeu a distância entre a região do colo da planta e a base da inserção da espiga. Foram avaliadas 10 plantas aleatórias das linhas centrais por parcela.



Figura 5. Medição da altura das plantas e diâmetro do colmo, respectivamente.
Fonte: Valmorbida (2023).

4.4.2. Diâmetro de colmo

O diâmetro do colmo foi determinado na região do colo da planta com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 6), no mesmo momento que a altura de plantas, sendo

considerado o maior diâmetro. Foram avaliadas 10 plantas aleatórias das linhas centrais por parcela.



Figura 6. Medição do diâmetro do colmo com paquímetro digital.
Fonte: Valmorbida (2023).

4.4.3. Teor de clorofila das plantas

O teor de clorofila das folhas foi determinado com um clorofilômetro digital, da marca clorofiLOG modelo CFL 2060 (Figura 7), que foi operado segundo instruções do fabricante (FALKER, 2022). No aparelho as unidades de mensuração são denominadas Índice de Clorofila Falker (ICF). As leituras foram realizadas no terço médio da planta na folha abaixo e oposta à espiga, através de três leituras por planta em dez plantas de cada parcela. O resultado de cada parcela consistiu na média de todas as leituras.



Figura 7. Determinação do teor de clorofila com clorofilômetro digital.
Fonte: Valmorbida (2023).

4.4.4. Teor de nitrogênio foliar

A quantificação de N foi realizada no laboratório de Análise Química de Solos e Folhas do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, e amostras de folhas foram coletadas do terço médio de 10 plantas de cada parcela, quando aproximadamente 50% das plantas estavam pendoadas (aproximadamente 70 DAP). Para remoção de quaisquer impurezas, as amostras de folhas foram lavadas em água corrente e enxaguadas com água destilada. Após esse procedimento as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65-70°C até total secagem.

Após secagem as amostras foram trituradas, sem a nervura central, em um moinho de facas tipo willye e passaram respectivamente, por processos de digestão sulfúrica, destilação e titulação (N-Kjeldahl), de acordo com as metodologias descritas no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (SILVA, 2009).

4.4.5. Produtividade de espigas e rendimento de grãos

Quando a cultura atingiu o ponto de colheita (grãos com aproximadamente 76% de umidade), as espigas da área útil de cada parcela experimental foram colhidas manualmente e pesadas em uma balança. Os dados de peso das espigas foram extrapolados para a área de um hectare, para obter valores em t ha⁻¹.

As espigas coletadas foram descascadas e desgranadas com desgranadora manual (Figura 8), e os grãos pesados. O valor obtido da pesagem dos grãos foi submetido à equação a seguir para encontrar o rendimento de grãos:

$$\text{Rendimento} = \left(\frac{\text{Massa dos grãos}}{\text{Massa das espigas}} \right) * 100$$



Figura 8. Desgranadora manual utilizada para retirada dos grãos das espigas e posterior determinação do rendimento de grãos.

Fonte: Brenner (2023).

4.4.6. Análise estatística

Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade. Para os tratamentos quantitativos (doses de N) as análises foram realizadas através de regressão quando houve efeito significativo e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.8 (FERREIRA, 2018).

5.0. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos dois anos de experimentação não apresentaram interação entre a inoculação com *A. brasilense* e as diferentes doses de N para nenhuma das variáveis avaliadas, portanto os resultados são apresentados independentemente.

A inoculação com *A. brasilense* demonstrou efeito significativo ($P < 0,05$) para o Índice de Clorofila e Produtividade no primeiro ano do experimento. As diferentes doses de N mostraram efeito significativo ($P < 0,05$) no diâmetro de colmo, no índice de clorofila e no teor de nitrogênio foliar, além do rendimento de grãos no primeiro ano. A análise de variância para o ano de 2023 está representada da Tabela 3 e para o ano de 2024 na Tabela 4.

Tabela 3. Resumo de análise de variância da altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AI), diâmetro do colmo (DC), índice de clorofila Falker (ICF), teor de nitrogênio foliar (NF), produtividade de espigas (Prod), rendimento de grãos (Rend), em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no milho-doce e cinco doses de N (Morrinhos-GO, 2023).

FV	GL	Quadrados Médios (QM)						
		AP (m)	AI (m)	DC (mm)	ICF (ICF)	NF (g kg ⁻¹)	Prod (t ha ⁻¹)	Rend (%)
Doses de N	4	0,008 ^{ns}	0,005 ^{ns}	20,335**	320,997**	46,853**	9,152 ^{ns}	35,149*
Inoculação	1	0,014 ^{ns}	0,000 ^{ns}	13,087 ^{ns}	59,292*	9,264 ^{ns}	21,815*	38,338 ^{ns}
Doses*Inoculação	4	0,010 ^{ns}	0,005 ^{ns}	2,885 ^{ns}	8,675 ^{ns}	4,165 ^{ns}	2,834 ^{ns}	13,232 ^{ns}
Bloco	3	0,041*	0,039**	14,310*	29,985 ^{ns}	44,536**	7,930 ^{ns}	27,914 ^{ns}
Resíduo	27	0,009	0,004	4,732	14,504	6,663	3,584	12,987
CV (%)	-	5,63	6,43	7,00	6,59	9,37	12,57	8,58

GL - Graus de Liberdade, ^{ns} - Não significativo pelo teste de F, ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F. * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Tabela 4. Resumo de análise de variância da altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AI), diâmetro do colmo (DC), índice de clorofila Falker (ICF), teor de nitrogênio foliar (NF), produtividade de espigas (Prod), rendimento de grãos (Rend), em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* no milho-doce e cinco doses de N (Morrinhos-GO, 2024).

FV	GL	Quadrados Médios (QM)						
		AP (m)	AI (m)	DC (mm)	ICF (ICF)	NF (g kg ⁻¹)	Prod (t ha ⁻¹)	Rend (%)
Doses de N	4	0,004 ^{ns}	0,004 ^{ns}	6,903**	21,470**	6,174*	2,955 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Inoculação	1	0,000 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,078 ^{ns}	2,292 ^{ns}	0,110 ^{ns}	2,304 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Doses*Inoculação	4	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,258 ^{ns}	0,608 ^{ns}	0,723 ^{ns}	1,648 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Bloco	3	0,008 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,381 ^{ns}	44,952**	13,732**	6,805 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo	27	0,003	0,002	1,240	2,227	2,217	3,148	0,001
CV (%)	-	2,77	3,61	3,19	2,03	5,04	7,35	5,95

GL - Graus de Liberdade, ^{ns} - Não significativo pelo teste de F, ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F. * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

5.1. Altura de planta e inserção de espiga

Nos dois anos de experimentação, não foi observada influência significativa da inoculação com *A. brasilense* na altura de planta nem na altura de inserção de espiga.

Silva *et al.* (2021) obtiveram resultados semelhantes, não identificando diferenças significativas na altura de plantas de milho grão aos 60 e 90 dias após a semeadura (DAS) inoculadas com *A. brasilense* + cultivo de microrganismos.

Em estudo realizado com milho-doce, Numoto *et al* (2019) também não observaram diferença significativa na altura de plantas em dois dos três anos de experimento inoculando *A. brasilense*.

Também nos dois anos de cultivo as diferentes doses de nitrogênio não apresentaram influência significativa na altura de plantas e de inserção de espigas. Souza *et al* (2015) também observaram que as diferentes doses de nitrogênio por eles avaliadas (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) não tiveram efeito na altura de plantas de milho-doce, independente da época de plantio. Segundo os autores a resposta da cultura à adubação nitrogenada depende de diversos fatores, como histórico da área, condições de clima e fertilização do solo. Além disso, a falta de resposta das variáveis ao experimento pode ter ocorrido, pois essas características são fortemente dependentes do genótipo do milho (ZUCARELI *et al.* 2014), o que reduz o efeito da inoculação e doses de N utilizadas.

5.2. Diâmetro de colmo

Nos dois anos de cultivo do experimento a inoculação com *A. brasilense* não apresentou influência significativa no diâmetro de colmo. Resultado semelhante ao de Bassetto Júnior *et al* (2020), que não observaram influência significativa da inoculação de *A. brasilense* no diâmetro de colmo em plantas de milho grão. Ao contrário, Galindo *et al* (2020) identificaram influência significativa da utilização de *A. brasilense*, independentemente do método, no diâmetro do colmo de milho grão, em seu segundo ano de experimentação.

Em contrapartida, a utilização de diferentes doses de nitrogênio apresentou influência significativa no diâmetro de colmo nos dois anos de cultivo. No primeiro ano de cultivo observou-se crescimento linear do diâmetro de colmo em função das diferentes doses de N (Figura 9). No segundo ano de cultivo observou-se um crescimento quadrático do diâmetro em função das doses (Figura 10), em que a dose de máximo diâmetro (35,6 mm) foi de 234,7 kg ha⁻¹, muito próxima da maior dose aplicada.

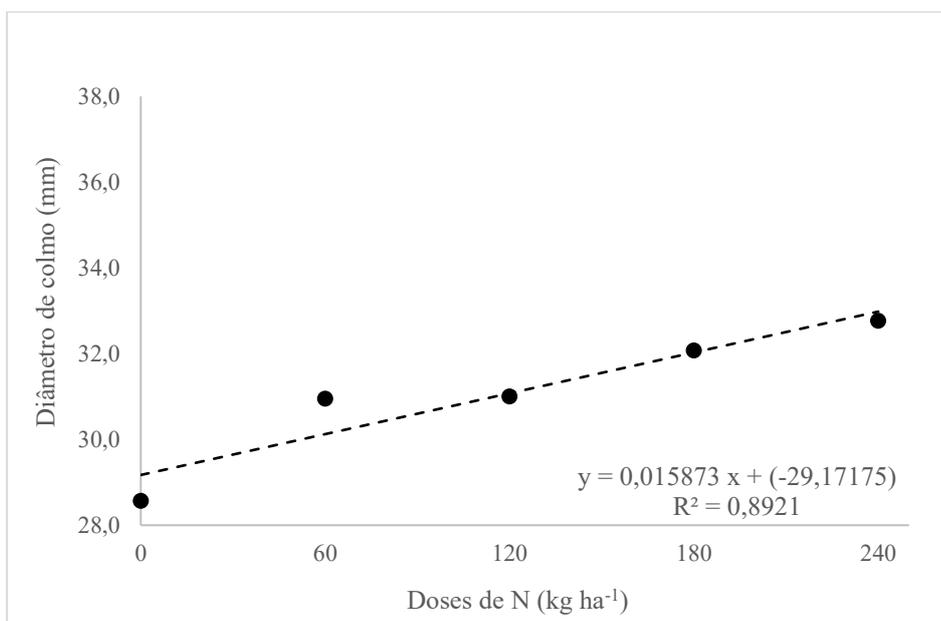


Figura 9. Diâmetro de Colmo (mm) de plantas de milho-doce em função de diferentes doses de N. (Morrinhos – GO, 2023).

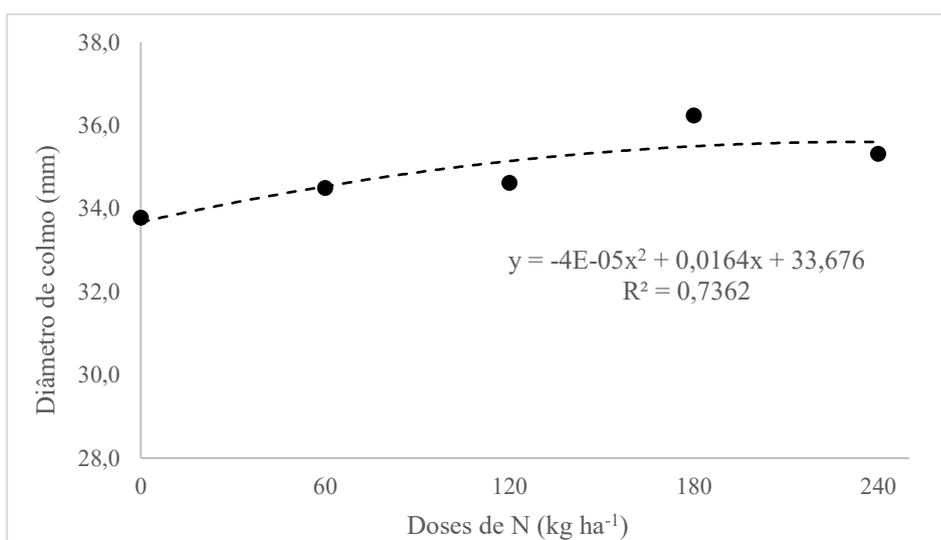


Figura 10. Diâmetro de Colmo (mm) de plantas de milho-doce em função de diferentes doses de N. (Morrinhos – GO, 2024).

Os resultados obtidos confirmam a colocação de Netto *et al* (2020) de que o N está diretamente envolvido na divisão e expansão celular e pode ter influenciado no desenvolvimento do colmo. Marini *et al* (2015), também observaram maior diâmetro de colmo na maior dose por ela testada e crescimento linear da variável em função de diferentes doses de Nitrogênio na cultura do milho grão. Os autores também ressaltam que maior diâmetro do caule pode estar relacionado ao aumento da produção, visto que

a estrutura do colmo está envolvida no armazenamento de sólidos solúveis, posteriormente utilizados na formação dos grãos.

5.3. Índice de Clorofila

No primeiro ano do experimento a inoculação com *A. brasilense* apresentou influência significativa no índice de clorofila foliar (ICF), e as plantas inoculadas apresentaram 4,3% maiores índices em comparação a plantas não inoculadas (Figura 11).

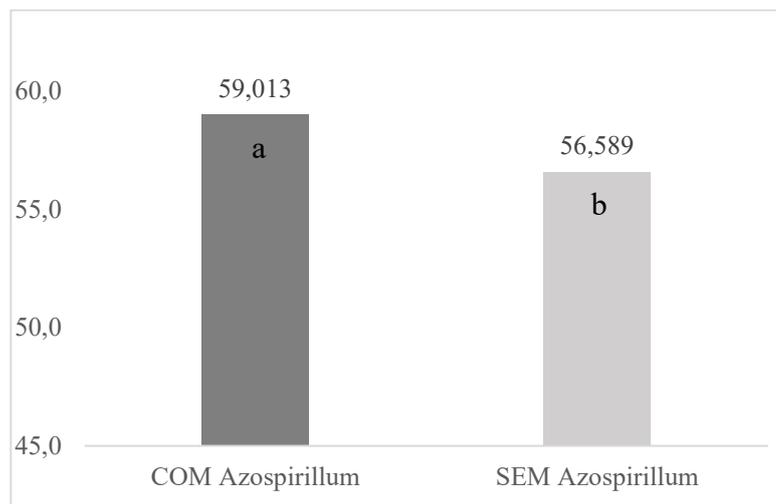


Figura 11. Índice de Clorofila Falker (ICF) em plantas de milho-doce em função da inoculação ou não com *A. brasilense* (Morrinhos – GO, 2023).

Esses resultados corroboram com os observados por Galindo *et al* (2019) na cultura do milho grão, em que a inoculação com *A. brasilense* melhorou o índice de clorofila foliar em comparação com os tratamentos não inoculados. Os resultados dos autores corroboram com os observados no experimento, e mesmo com a quantidade de N adequada às plantas a inoculação mostra efeito positivo no ICF, o que indica que a resposta positiva à inoculação ocorre além da FBN, em função da produção de hormônios de crescimento vegetal pelas bactérias.

Em contrapartida, no segundo ano de experimentação a inoculação não apresentou influência significativa no ICF, bem como resultados obtidos por Sangoi *et al* (2015). Para os autores isso pode ser explicado pois quando a planta absorve quantidade excessiva de N o nutriente acumula na forma de nitrato e o N não se associa à molécula de clorofila, não sendo detectado pelo medidor de clorofila.

Como a inoculação influenciou positivamente no primeiro ano, os resultados podem ser atribuídos às diferenças, principalmente climáticas, entre os locais e épocas do experimento, uma vez que as condições do primeiro ano proporcionaram maior

eficiência das bactérias em comparação ao segundo ano. Isso pode ter ocorrido pois no dia do plantio do segundo experimento a temperatura máxima do ar foi de em 28,6°C, o que representa, segundo equação desenvolvida por Hubert e Minuzzi (2020), que a temperatura do solo pode ter atingido 29,5°C, muito próximo da temperatura limite de desenvolvimento da bactéria, isso pode ter influenciado negativamente a eficiência das bactérias no segundo ano de experimentação.

Em relação as diferentes doses de N, para ambos os anos o ICF foi influenciado significativamente, resultando uma equação quadrática. Para 2023 (Figura 12) a dose de máximo ICF foi de 168,9 kg ha⁻¹ N (63 ICF) e para 2024 (Figura 13) de 214,5 kg ha⁻¹ N (76 ICF).

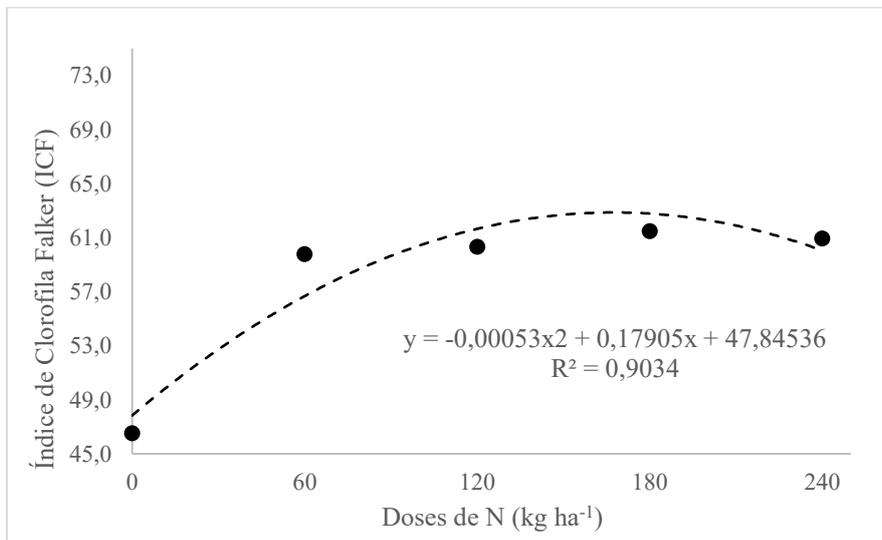


Figura 12. Índice de Clorofila Falker (ICF) em plantas de milho-doce em função de diferentes doses de N (Morrinhos – GO, 2023).

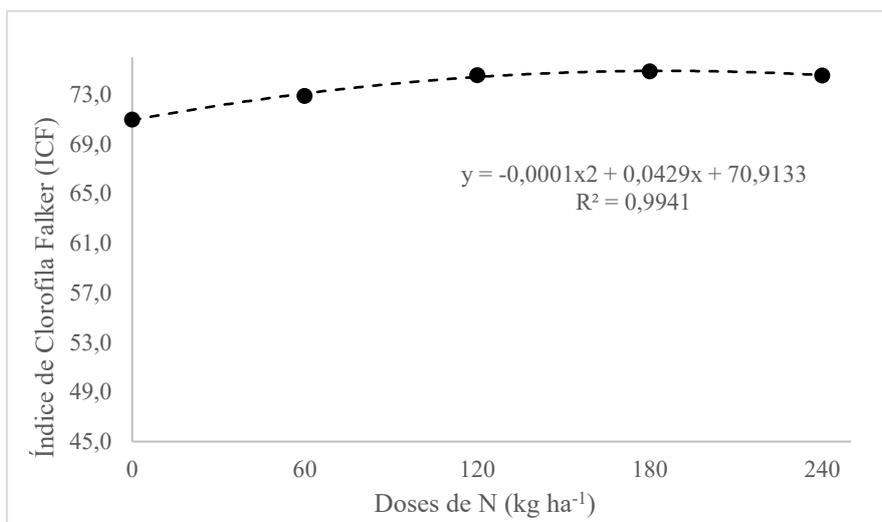


Figura 13. Índice de Clorofila Falker (ICF) em plantas de milho-doce em função de diferentes doses de N (Morrinhos – GO, 2024).

O motivo pelo qual o ICF de 2023 foi inferior ao de 2024 muito provavelmente foi em função da alta pressão de *Dalbulus maidis* ocorrida no primeiro ano do experimento. Sabe-se que o espiroplasma ou fitoplasma transmitido pelo inseto reduz a absorção de nutrientes pelas plantas de milho (OLIVEIRA; SABATO, 2018), o que pode ter reduzido a absorção de N e sua conversão em clorofila.

Galindo *et al* (2019) também observaram o aumento do índice de clorofila com o aumento de doses de N. O acréscimo foi de forma linear, quando plantas de milho grão foram inoculadas com *A. brasilense* e o aumento ocorreu até a dose de 190 kg ha⁻¹ em plantas sem inoculação. Para os autores, esse aumento da ICF, evidencia que as doses de N foram absorvidas pelo milho, uma vez que o N é um dos componentes da molécula de clorofila.

5.4. Teor de Nitrogênio Foliar

Nos dois anos do experimento não se observou influência significativa da inoculação com *A. brasilense* no teor de N foliar de milho-doce, confirmando os resultados obtidos por Marini *et al* (2015) e por Galindo *et al* (2019) em milho grão, que também não observaram influência da concentração foliar de N com a inoculação de *A. brasilense*.

Já para adubação nitrogenada, nos dois anos de experimentação, as diferentes doses apresentaram efeito linear positivo na concentração de N no tecido foliar (Figura 14 e 15). Vale ressaltar que a faixa ideal de N foliar é 27 a 35 g kg⁻¹ (SILVA, 2009), e o único tratamento que apresentou teor inferior a faixa ideal foi o tratamento sem inoculação e sem adubação no ano de 2023 (23,6 g kg⁻¹). Isso indica que mesmo com efeito linear positivo todas as doses maiores que 0 kg ha⁻¹ N apresentaram teores ideais de N foliar.

Ao mesmo tempo, é possível interpretar que em 2024 os níveis de N no solo estavam mais elevados em comparação ao solo do primeiro ano, já que mesmo o tratamento sem cobertura de N apresentou níveis ideais de N (28,18 g kg⁻¹).

Galindo *et al* (2019), apesar de não observar aumento linear na concentração de N nas folhas, também observou o crescimento na concentração do nutriente em duas safras consecutivas. Na safra de 2013-2014 o autor observou o aumento da concentração foliar de N até as doses de 150 kg ha⁻¹ e na safra e 2014-2015 até a dose de 185 kg ha⁻¹ de N.

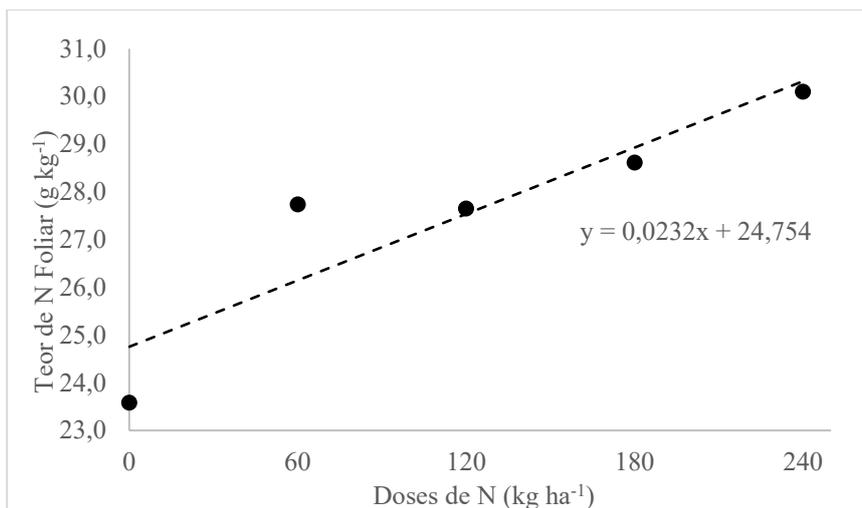


Figura 14. Teor de Nitrogênio Foliar (g kg^{-1}) em plantas de milho-doce em função de diferentes doses de N (Morrinhos – GO, 2023).

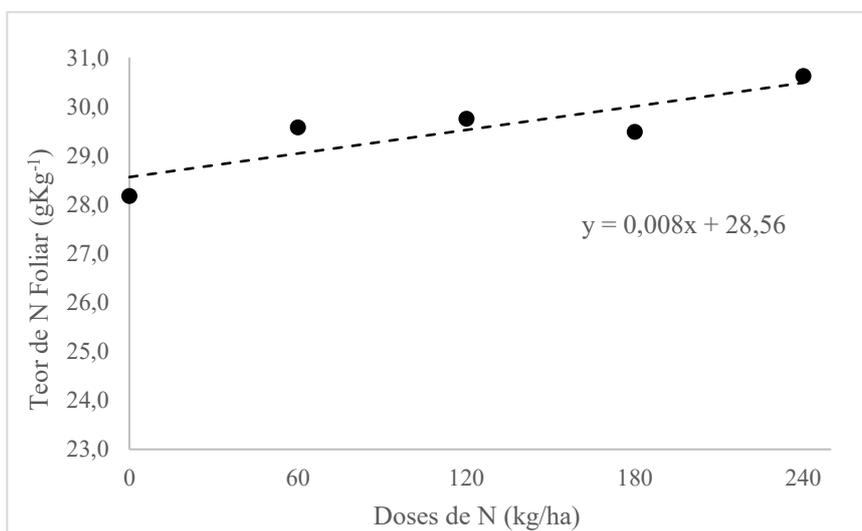


Figura 15. Teor de Nitrogênio Foliar (g kg^{-1}) em plantas de milho-doce em função de diferentes doses de N (Morrinhos – GO, 2024).

5.5. Produtividade de Espigas

No primeiro ano do experimento a inoculação com *A. brasilense* apresentou influência significativa na produtividade de espigas (Figura 16), observou-se que as plantas inoculadas apresentaram 10,3% maior produtividade em comparação a plantas não inoculadas. Os resultados corroboram com os obtidos por Galindo *et al* (2019) e reforçam a colocação dos autores de que o uso da bactéria pode influenciar no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, levando a maior absorção de água e nutrientes, diretamente relacionada ao estado nutricional da planta, o milho mais bem nutrido tende a desenvolver melhor sua espiga. Os autores observaram aumento de 14,3% na produtividade de milho grão com o uso de *A. brasilense*.

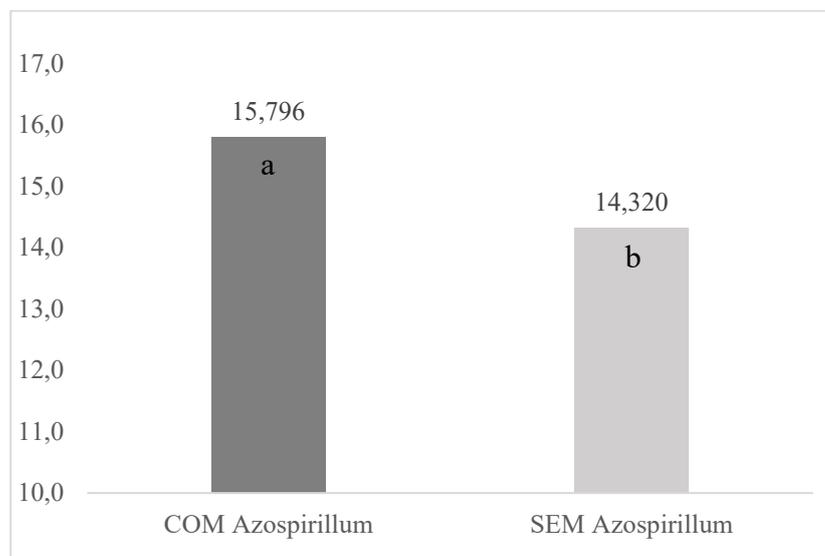


Figura 16. Produtividade de Espigas (t ha⁻¹) em plantas de milho-doce em função da inoculação ou não de *A. brasilense* (Morrinhos – GO, 2023).

Com o aumento de 1,48 t ha⁻¹ o uso de *A. brasilense* é justificado, principalmente pelo baixo investimento por hectare do inoculante, sob dose recomendada pelo fabricante (100mL ha⁻¹). Para milho-doce Numoto *et al* (2019) também observaram que a utilização de *A. brasilense* influenciou positivamente a produtividade de espigas, entretanto a produtividade de espigas máxima obtida pelos autores foi de 10,4 t ha⁻¹.

Em contrapartida, no segundo ano do experimento a inoculação com *A. brasilense* não apresentou influência significativa na produtividade de espigas (Tabela 5). Isso pode ter acontecido pela influência das altas temperaturas nos dias iniciais do segundo ano de experimento, que podem ter afetado a eficiência das bactérias. Mesmo sem influência da inoculação é possível observar que as produtividades obtidas no segundo ano foram altas (23,9 e 24,4 t ha⁻¹), principalmente em comparação ao primeiro ano (15,8 e 14,3 t ha⁻¹), provavelmente pois o primeiro ano de experimento sofreu alta pressão de *Dalbulus maidis*, o que pode ter reduzido a absorção de nutrientes pelas plantas de milho (OLIVEIRA; SABATO, 2018) e resultado em menores produtividades médias em comparação ao segundo ano.

A diferença dos resultados entre os anos ajuda a evidenciar que no primeiro ano do experimento as bactérias tiveram maiores condições de desenvolvimento, enquanto no segundo ano o desenvolvimento inicial das bactérias pode ter sido influenciado negativamente.

Tabela 5. Produtividade de Espigas (Prod) em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e cinco doses de N (Morrinhos-GO, 2024).

Característica avaliada	Adubação	Doses de N (kg ha ⁻¹)					Média
		0	60	120	180	240	
Prod (t ha ⁻¹)	Ausência	23,640	23,633	24,855	24,660	25,095	24,377
	Presença	23,445	24,113	23,100	23,618	25,208	23,897
	Média:	23,543	23,873	23,978	24,139	25,151	24,137

Para cada característica avaliada, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Em relação a adubação nitrogenada, nos dois anos do experimento, as diferentes doses de N não apresentaram diferença significativa na produtividade de espigas. Esse resultado mostra que não necessariamente as maiores doses de N resultam em melhores produtividades, ajudando a reforçar que a otimização das taxas de fertilização é crucial para tornar a agricultura mais sustentável (REVILLA; ANIBAS; TRACY, 2021).

Numoto *et al* (2019) concluíram que a utilização de 110 kg ha⁻¹ N em cobertura, aplicado em V4 aumentou a produtividade de espigas de milho-doce.

5.6. Rendimento de grãos

Nos dois anos do experimento não se observou influência significativa da inoculação com *A. brasilense* no rendimento de grãos de milho-doce. Para milho grão, Sangoi *et al* (2015) também não observou influência significativa da inoculação no rendimento.

Em relação as diferentes doses de N, o rendimento de grãos no primeiro ano do experimento foi influenciado significativamente (Figura 17), resultando em uma equação quadrática. O maior rendimento de grãos obtido foi de 43,8% na dose de 127,08 kg ha⁻¹. Esses resultados podem reforçar colocação de Netto *et al* (2020), que ressalta que o N está diretamente envolvido na divisão e expansão celular, e isso pode ter influenciado melhor desenvolvimento de grãos no primeiro ano do experimento.

Resultados semelhantes a Zucareli *et al* (2018) que concluíram que o nitrogênio aplicado na dose de 120 kg ha⁻¹ em V6 aumentou a produtividade de sementes de milho doce em comparação a doses menores. Já Sangoi *et al* (2015) também observaram aumento quadrático no rendimento de grãos de milho comum em função da aplicação de diferentes doses de N.

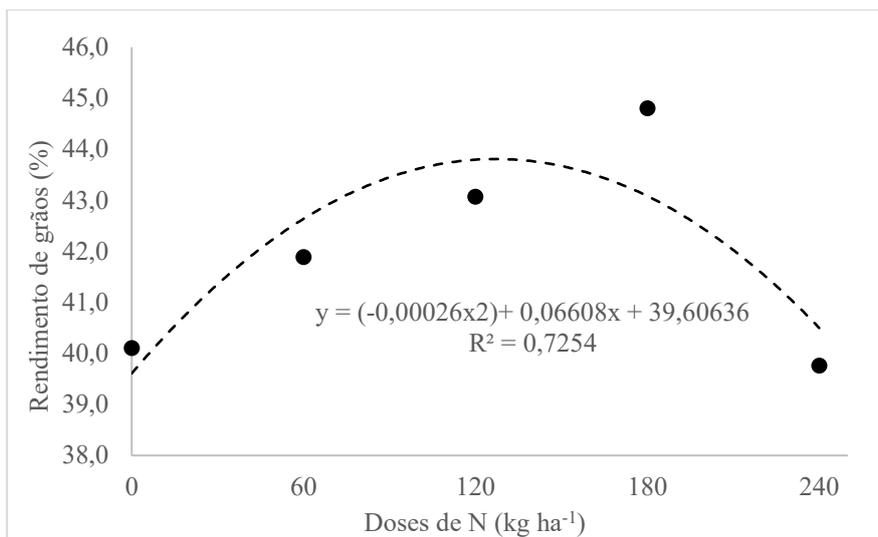


Figura 17. Rendimento de grãos (%) de milho-doce em função de diferentes doses de N (Morrinhos – GO, 2023).

O segundo ano do experimento não apresentou influência significativa das diferentes doses de N.

No geral, o rendimento de grãos também foi maior para o ano de 2024, reforçando as melhores condições para o desenvolvimento das plantas no segundo ano do experimento.

6.0. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que a inoculação com *Azospirillum brasilense* influenciou positivamente o índice de clorofila e produtividade de espigas, o que justifica o uso da bactéria para a produção de milho-doce, apesar de não influenciar outras variáveis.

A adubação nitrogenada influenciou positivamente o diâmetro de colmo, o índice de clorofila, o teor de nitrogênio foliar. Obtendo melhores resultados com as doses entre 169 e 240 kg ha⁻¹ de N. E, também influenciou o rendimento de grãos no primeiro ano, com dose ideal de 127,08 kg ha⁻¹.

A ausência de resposta de algumas variáveis à inoculação e à adubação nitrogenada pode estar ligada às condições edafoclimáticas. As variações entre os anos reforçam a importância de fatores ambientais na resposta das plantas e das bactérias aos tratamentos.

7.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, v. 52, n. 5, p. 799–804, 2003.

BASSETTO JÚNIOR, N.; ALVES, G, H, T.; BELLETTINI, S.; *et al.* Parcelamento de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho / nitrogen splitting and seed inoculation with *Azospirillum brasilense* in corn culture. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 89401–89426, 2020.

CANTARELLA, H. Opções de fontes de nitrogênio para a agricultura brasileira. Campinas: Instituto Agronômico, 30p, 2023. (Documentos IAC, 120). Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/media/publicacoes/documentoiac_120.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

CARVALHO, S, L.; SILVA, R, V. **Levantamento e controle biológico de *Pratylenchus brachyurus* na cultura do milho doce**. Dissertação (Mestrado) Olericultura – IFG, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, GO, 2018.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Gasto médio com fertilizantes para produção de grãos dobra em um ano**. Piracicaba, 2022, 5p. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/categoria/opiniaio-cepea.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2023.

CLIMATE-DATA. Clima Morrinhos, 2024. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/morrinhos-43441/>> Acesso em: 26 set. 2024.

FALKER. **Manual do Medidor Digital de Teor de Clorofila, clorofiLOG CFL2060**. Revisão A 09/2022. [S.l.]: Falker, 2022.

FERREIRA, D. F. **Sistema de Análises de Variância**. Versão 5.8. Build 92. 2018.

GALINDO, F, S.; PAGLIARI, P, H.; RODRIGUES, W, L.; *et al.* Investigation of *Azospirillum brasilense* Inoculation and Silicon Application on Corn Yield Responses. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, n. 4, p. 2406–2418, 2020.

GALINDO, F, S.; TEIXEIRA FILHO, M, C, M.; B, S.; *et al.* Maize Yield Response to Nitrogen Rates and Sources Associated with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 4, p. 1985–1997, 2019.

HUBERT, M; MINUZZI, R. B. Temperatura de solo coberto e descoberto a partir da temperatura do ar. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 3, p. 274–280, 2020.

HUNGRIA, M.; BARBOSA, J. Z., RONDINA, A. B. L., & NOGUEIRA, M. A. Improving maize Sustainability with partial replacement of N fertilizers by inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Agronomy Journal**, v.114, p. 2969-2980, 2022.

LADHA, J. K.; TIROL-PADRE, A.; REDDY, C. K.; *et al.* Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 19355, 2016.

LIMA, S, F.; JESUS, A, A.; VENDRUSCOLO, E, P.; *et al.* Development and production of sweet corn applied with biostimulant as seed treatment. **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 94–100, 2020.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido ‘Tropical’**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola), Pós-Graduação - IAC, Campinas, SP, 56f, 2006.

MARINI, D.; GUIMARÃES, V, F.; DARTORA, J.; *et al.* Growth and yield of corn hybrids in response to association with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, v. 62, p. 117–123, 2015.

NETTO, M, S.; OLIVEIRA, F, C.; ARAÚJO, L, S.; *et al.* Épocas, formas de aplicação e doses de nitrogênio na cultura do milho em condições de cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 6, p.55–66, 2020.

NUMOTO, A, Y.; VIDIGAL FILHO, P, S.; SCAPIM, C, A.; *et al.* Agronomic performance and sweet corn quality as a function of inoculant doses (*Azospirillum brasilense*) and nitrogen fertilization management in summer harvest. **Bragantia**, v. 78, n. 1, p. 26–37, 2019.

OLIVEIRA, C, M.; SABATO, E, O.(ed.). Doenças em milho: Insetos-vetores, mollicutes e vírus. 1. ed. Brasília,DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. cap. 7, p.25-32.

PANKIEVICZ, V, C, S.; DO AMARAL, F, P.; ANÉ, J, M.; *et al.* Diazotrophic Bacteria and Their Mechanisms to Interact and Benefit Cereals. **Molecular Plant-Microbe Interactions®**, v. 34, n. 5, p. 491–498, 2021.

PELLOSO, M, F.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; *et al.* Agronomic performance and quality of baby corn in response to the inoculation of seeds with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization in the summer harvest. **Heliyon**, v. 9, n. 4, p. e14618, 2023.

PERDOMO, F, R.; RUSINQUE, M, C.; CAMPOS, P, C.; *et al.* Efecto de la temperatura y el pH en la producción de biomasa de *Azospirillum brasilense* C16 aislada de pasto guinea. **Pastos y Forrajes**. v. 38, n. 3, p.133-134, 2015.

REVILLA, P.; ANIBAS, C. M.; TRACY, W. F. Sweet Corn Research around the World 2015–2020. **Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 534, 2021.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M. D.; MOTA, M. R.; *et al.* DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM RAZÃO DO TRATAMENTO DE SEMENTES COM *Azospirillum sp.* E DA APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO MINERAL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1141–1150, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F.; **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 5 ed., rev e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SILVA, C. F. (org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 59-85.

SILVA, F. C.; SILVA, M. M.; LIBADI, P. L. Aplicação de nitrogênio no cultivo de milho, sob sistema plantio direto: efeitos na qualidade física do solo e características agronômicas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3513-3528, 2013.

SILVA, F. V.; COSTA, R. R. G. F.; VITORINO, L. C.; *et al.* The synergistic action of *Azospirillum brasilense* and effective microorganisms promotes growth and increases the productivity of green corn. **Scientia Plena**, v. 17, n. 4, 2021.

SOUZA, E. G. F.; CRUZ, E. A.; FRANÇA, R. F.; SILVA, J. M.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA NETO, F. Economic nitrogen rate for fertigation of green corn crop in the Brazilian semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. e00556, 2019.

SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; *et al.* Effect of irrigation and nitrogen fertilization on agronomic traits of sweet corn1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 282–290, 2015.

STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **FEMS Microbiology Reviews**. v. 24, n. 4, p. 487-506, 2000.

SYNGENTA. Milho doce GSS0227. Disponível em: <<https://www.syngentavegetables.com/pt-br/product/seed/milho-doce/gss0227>>. Acesso em: 26 jun. 2025.

USDA – United States Department of Agriculture. **World agriculture supply and demand estimates**. Washington, Foreign Agricultural Service, 2023. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity-markets/wasde/historical-wasde-report-data>>. Acesso em 10 jan. 2024.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas** 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 77-126.

ZUCARELI, C.; ALVES, G. B.; OLIVEIRA, M. A.; MACHADO, M. H. Desempenho agrônômico do milho safrinha em resposta às épocas de aplicações e fontes de nitrogênio. **Científica**, v.4 2, n. 1, p.60-67, 2014.

ZUCARELI, C.; BAZZO, J. H. B.; SILVA, J. B.; COSTA, D. S.; FONSECA, I. C. B. Nitrogen rates and side-dressing timing on sweet corn seed production and physiological potential. **Revista Caatinga** v. 31, n.2, p. 344–351, 2018.

ZUFFO, A. M.; BRUZI, A. T.; REZENDE, P. M.; *et al.* Foliar application of

Azospirillum brasilense in soybean and seed physiological quality. **African Journal of Microbiology Research**, v. 10, n 20, p. 675-680, 2016.