



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

**CAMPUS LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR ENGENHARIA AGRONÔMICA**

MARIA RITA COELHO SANTOS

**INFLUÊNCIA DE PRODUTOS BIOLÓGICOS APLICADOS VIA SULCO NA
CULTURA DO MILHO EM ÁREA DE VÁRZEA TROPICAL**

**Lagoa da Confusão
2026**

MARIA RITA COELHO SANTOS

**INFLUÊNCIA DE PRODUTOS BIOLÓGICOS APLICADOS VIA SULCO NA
CULTURA DO MILHO EM ÁREA DE VÁRZEA TROPICAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito à obtenção do Título de
Bacharel do Curso Superior de Engenharia
Agrônoma do Instituto Federal do Tocantins,
Campus Lagoa da Confusão.

Orientador: Dr. Edmar Vinícius de Carvalho

**Lagoa da Confusão
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S237i Santos, Maria Rita Coelho
INFLUÊNCIA DE PRODUTOS BIOLÓGICOS APLICADOS VIA
SULCO NA CULTURA DO MILHO EM ÁREA DE VÁRZEA TROPICAL
/ Maria Rita Coelho Santos. – Lagoa da Confusão, TO, 2026.
28 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO, 2026.

Orientador: Edmar Vinicius de Carvalho

1. Bioinsumos. 2. Fluopiram. 3. Zea mays. I. Carvalho, Edmar Vinicius
de. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria
Campus Lagoa da Confusão
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Influência de produtos biológicos aplicados via sulco na cultura do milho em área de várzea tropical
AUTOR : Maria Rita Coelho dos Santos
ORIENTADOR: Edmar Vinicius de Carvalho

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, *Campus* Lagoa da
Confusão, como parte das exigências
para a conclusão do Curso de
Bacharelado em
Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 26 de junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edmar Vinicius de Carvalho
Orientador
IFTO/Campus Lagoa da Confusão

Dr^a Patrícia Resplandes Rocha dos Santos
Membro
EMBRAPA Pesca e Aquicultura

Prof. Dr. Liomar Borges de Oliveira
Membro
IFTO/Campus Lagoa da Confusão



Documento assinado eletronicamente por **Edmar Vinicius de Carvalho, Servidor**, em 26/06/2026, às 15:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Liomar Borges de Oliveira, Servidor**, em 26/06/2026, às 15:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Resplandes Rocha dos Santos, Usuário Externo**, em 29/06/2026, às 08:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3234957** e o código CRC **512EACDF**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº
23235.013844/2026-18

SEI nº 3234957

Dedico,

À minha família: Minha mãe Claudiana, meu pai Maurílio, minha irmã Maria Clara e meu filho Maurílio Neto, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por esta oportunidade e por ter me dado força, coragem e determinação para prosseguir nesta caminhada e concluir mais uma etapa da minha vida. Aos meus pais pela educação, por sempre me aconselhar e me ajudarem a passar pelos momentos difíceis eles foram essenciais nessa trajetória, sem eles não seria possível chegar até aqui. Ao meu filho, Maurílio Neto, que chegou de forma inesperada e se tornou minha maior motivação para seguir em frente.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edmar Vinícius de Carvalho, que contribuiu significativamente para o meu desenvolvimento, pela orientação, paciência e dedicação na elaboração deste trabalho. Agradeço também ao Projeto de Pesquisa do Grupo de Desenvolvimento, Soluções e Monitoramento do Agro (GDSM), por todo o apoio prestado durante o desenvolvimento deste trabalho, pelos conhecimentos compartilhados e, também, à Fazenda Carolina, pela disponibilidade da área e pelo suporte oferecido.

Aos professores que tive o prazer de conhecer ao longo do curso de Engenharia Agrônoma e aos colegas e amigos do curso, pelos conhecimentos compartilhados e pelas experiências de grande valia para minha formação. Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, fizeram parte desta importante etapa da minha vida.

“Sempre vai ser uma batalha difícil e às vezes eu vou ter que perder. Não é sobre o quão rápido eu chego lá, nem sobre o que está esperando do outro lado. É sobre a escalada.”

The climb - Miley Cyrus

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas cultivadas no Brasil, apresentando elevada importância econômica e ampla utilização nos setores alimentício, industrial e energético. Nesse contexto, a utilização de produtos biológicos consolida-se como alternativa sustentável para a promoção do crescimento vegetal e para o manejo fitossanitário das lavouras. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes produtos biológicos aplicados via sulco na cultura do milho em área de várzea tropical. O estudo foi conduzido no município de Lagoa da Confusão, Tocantins, e os tratamentos consistiram na aplicação de *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma asperellum*, utilizando como referência o tratamento à base de fluopiram. Foram avaliadas as seguintes características: Altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (PROD). As médias observadas correspondem a 214,2 cm para AP, 122,0 cm para AE, 16,4 cm para CE, 51,6 mm para DE, 334,2 g para PMG e 9.872 kg ha⁻¹ para PROD. Apesar dos benefícios relatados na literatura para espécies dos gêneros *Bacillus* e *Trichoderma*, bem como para o uso de fluopiram no manejo de fitonematoides, os resultados demonstram que os tratamentos não promovem diferenças estatisticamente significativas para as variáveis analisadas. Conclui-se que os tratamentos avaliados não apresentam efeito significativo sobre o desempenho agrônomo e produtivo da cultura nas condições estudadas.

Palavras-chave: Bioinsumos. Fluopiram. *Zea mays*. *Bacillus*. *Trichoderma*.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) stands out as one of the main agricultural crops cultivated in Brazil, presenting high economic importance and wide use in the food, industrial, and energy sectors. In this context, the use of biological products is consolidated as a sustainable alternative for promoting plant growth and for phytosanitary management of crops. This study aimed to evaluate the influence of different biological products applied via furrow in corn cultivation in a tropical lowland area. The study was conducted in the municipality of Lagoa da Confusão, Tocantins, and the treatments consisted of the application of *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, and *Trichoderma asperellum*, using the fluopyram-based treatment as a reference. The following characteristics were evaluated: plant height (PH), ear insertion height (EH), ear length (EL), ear diameter (ED), thousand-grain weight (TGW), and yield (YY). The observed averages correspond to 214.2 cm for AP, 122.0 cm for AE, 16.4 cm for CE, 51.6 mm for DE, 334.2 g for PMG and 9,872 kg ha⁻¹ for PROD. Despite the benefits reported in the literature for species of the genera *Bacillus* and *Trichoderma*, as well as for the use of fluopyram in the management of plant-parasitic nematodes, the results demonstrate that the treatments do not promote statistically significant differences for the variables analyzed. It is concluded that the treatments evaluated do not present a significant effect on the agronomic and productive performance of the crop under the conditions studied.

Keywords: Bioinputs. Fluopyram. *Zea mays*. *Bacillus*. *Trichoderma*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 METODOLOGIA.....	14
3 ORÇAMENTO.....	17
4 CRONOGRAMA.....	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae e foi domesticado no sudoeste do México há aproximadamente 9.000 anos (Xu *et al.*, 2022). Está entre as culturas agrícolas de maior relevância econômica no mundo, com o cultivo em mais de 22,7 milhões de hectares na safra 2025/2026, com destaque para o milho segunda safra - safrinha (Conab, 2026). Em razão de sua ampla versatilidade, o milho pode ser destinado à alimentação humana e animal, além de aplicações no setor industrial, energético e farmacêutico (Duarte *et al.*, 2021).

O aumento da produtividade, é possível com o apoio da ciência, da disponibilidade de insumos, de maquinário e de instrumentos de política agrícola (Alves *et al.*, 2008). Os elementos climatológicos, como radiação solar, temperatura e precipitação são desfavoráveis ao milho segunda safra em comparação a primeira (Maldaner *et al.*, 2014). Além disso, é necessário adequar práticas de manejo de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região (Serpa *et al.*, 2012). Dentre essas práticas, destacam-se a escolha de híbridos adaptados, adubação conforme a necessidade da cultura, disponibilidade hídrica e a população de plantas (Pereira *et al.*, 2009) que possuem relação com o manejo de doenças e pragas na cultura.

Com relação ao manejo de pragas com produtos químicos, pode-se mencionar os produtos à base de fluopiram, um nematicida e fungicida sistêmico de ação inovadora, que é potencialmente menos prejudicial para organismos não-alvo e ao meio ambiente (Lümmen *et al.*, 2019), com resultados promissores em culturas como soja e algodão (Rocha *et al.* (2022); Hawk e Faske (2021). Pertencente ao grupo químico das benzamidas atua como inibidor da enzima succinato desidrogenase (SDH) (Schleker *et al.*, 2022). Em detalhes, o mecanismo de ação desse produto compromete a produção de energia celular por meio da redução da síntese de ATP, resultando na diminuição da mobilidade, da capacidade de infecção radicular e da reprodução de espécies fitoparasitas (Schleker *et al.*, 2022).

Além de produtos químicos, é crescente o uso de bioinsumos na agricultura, tais como os contendo o gênero *Bacillus* que é composto por bactérias gram-positivas, aeróbicas, formadoras de endósporos e amplamente encontradas no solo (Lyngwi *et al.*, 2014). Estes microrganismos destacam-se pela elevada capacidade de colonização da rizosfera e pela produção de metabólitos com ação promotora do crescimento vegetal e de biocontrole (Kloepper *et al.*, 2004). Entre as espécies utilizadas no presente estudo estão *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus amyloliquefaciens* que atuam na promoção do crescimento vegetal, solubilização de nutrientes, indução de resistência sistêmica e supressão de

fitopatógenos (Bashan e De-Bashan, 2010). Em milho, estudos demonstram que a inoculação com *B. subtilis* pode favorecer o desenvolvimento radicular e aumentar a absorção de nutrientes, proporcionando aumento no crescimento e produtividade da cultura (Kloepper *et al.*, 2004). De forma semelhante, *B. megaterium* apresenta elevada eficiência na solubilização de fósforo, contribuindo para o aumento da disponibilidade desse nutriente no solo (Pérez-García *et al.*, 2011).

Outro gênero de microrganismo muito utilizado na agricultura é o *Trichoderma*, sendo composto por fungos filamentosos de ampla distribuição no ambiente, caracterizados por seu hábito saprofítico, baixa patogenicidade e capacidade de estabelecer associações benéficas com as plantas (Ferreira *et al.*, 2021). São importantes agentes de controle biológico e promoção de crescimento vegetal, atuando por meio da competição, micoparasitismo e indução de resistência nas plantas (Harman *et al.*, 2004). Além disso, essas espécies contribuem para o aumento do vigor das plantas e para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola (Harman, 2006). Pesquisas demonstraram que a colonização da rizosfera do milho por *Trichoderma virens* promove o aumento da atividade fotossintética e da assimilação de CO₂ pelas folhas. (Vargas *et al.*, 2009).

Além disso, espécies de *Trichoderma spp.* apresentam capacidade micro parasitária, atuando sobre outros fungos presentes no solo, inclusive aqueles com potencial de causar doenças às plantas (Siddiquee, 2014; Noorullah; Shahzad, 2004). Estudos demonstraram que *T. harzianum* isolado de solos semiáridos pode contribuir para o aumento da tolerância do milho ao déficit hídrico (Chepsergon *et al.*, 2016). A colonização das plântulas por esse fungo favorece a ativação de enzimas antioxidantes e promove a germinação, reduzindo os efeitos do estresse hídrico e melhorando o estabelecimento inicial das plantas (Mwamburi *et al.*, 2018).

Por fim, a aplicação via sulco após a semeadura consiste na deposição de insumos, como fertilizantes, inoculantes, bioestimulantes e defensivos agrícolas, diretamente no sulco de plantio, posicionando-os próximos à zona de desenvolvimento inicial das raízes. Essa técnica favorece a eficiência de absorção dos nutrientes e o estabelecimento inicial das plantas, proporcionando melhor aproveitamento dos insumos aplicados (Santos *et al.*, 2023). Entretanto, sua eficiência pode ser influenciada por fatores como umidade do solo, profundidade de deposição, distribuição uniforme da calda, características físico-químicas do solo e condições climáticas após a aplicação (Nunes *et al.*, 2021). Além disso, a qualidade operacional dos equipamentos e a compatibilidade entre os produtos utilizados também são

determinantes para o sucesso da prática, contribuindo para maior desenvolvimento radicular, vigor inicial e potencial produtivo da cultura (Luvizutto *et al.*, 2024).

Considerando a crescente demanda por alimentos de alta qualidade e a necessidade de adoção de tecnologias que conciliam eficiência produtiva, sustentabilidade e menor impacto ambiental, torna-se relevante investigar o potencial de produtos biológicos na cultura do milho, especialmente em condições edafoclimáticas pouco exploradas. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação, via sulco de semeadura, de diferentes produtos biológicos, com distintas indicações de uso, sobre o crescimento vegetativo, representado pela altura de plantas e pela altura de inserção da primeira espiga, os componentes de rendimento, representados pelo comprimento e diâmetro de espiga, e a produtividade da cultura do milho em condições de várzea tropical.

2. METODOLOGIA

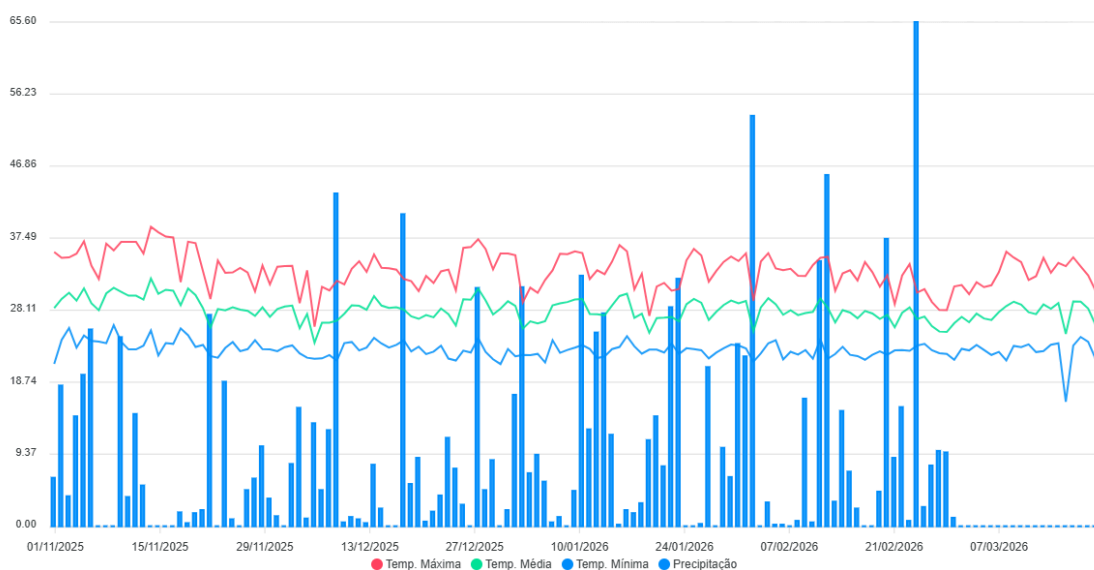
O experimento foi conduzido no município de Lagoa da Confusão, situado na região de várzeas tropicais no sudeste do Tocantins (10° 50' 11" S, 49° 33' 21" W, 187 m). O clima da região é do tipo C2wA'a'' - úmido subúmido com moderada deficiência hídrica, segundo a classificação de Köppen (TOCANTINS, 2019). Visando a caracterização das condições edáficas da área experimental, a coleta de solo foi realizada na camada de 0–20 cm de profundidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise química do solo, na camada de 0-20 cm da área experimental em Lagoa da Confusão, 2025

Parâmetro	Valor
Fósforo (Mehlich)	4,6 mg/dm ³
Potássio (K)	0,3 cmol/dm ³
Cálcio (Ca)	5,1 cmol/dm ³
Magnésio (Mg)	1,7 cmol/dm ³
V%	78
Argila	400 g/kg
Areia	25 g/kg
Silte	575 g/kg

Durante a condução do experimento em campo, foram coletados dados de temperatura e precipitação por meio de consulta à base de dados do Sistema de Monitoramento Agritempo (Figura 1).

Figura 1 - Dados climáticos referentes ao período de novembro de 2025 a março de 2026, na área experimental de Lagoa da Confusão



Fonte: Agritempo (2026).

A semeadura foi realizada em 17 de novembro de 2025, após a colheita da cultura da soja, sem a realização de adubação de base. A adubação de cobertura foi efetuada no estágio V4, utilizando-se sulfato de amônio na dose de 250 kg ha⁻¹ (20,5% de N). Durante o desenvolvimento da cultura, os tratos culturais, incluindo o manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, foram realizados sempre que necessários, seguindo as recomendações técnicas para a cultura do milho e as práticas adotadas na propriedade onde o experimento foi conduzido (Fancelli e Dourado-Neto, 2000).

Quanto ao delineamento experimental, este foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições (Tabela 2). Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,50 m, utilizando-se o híbrido XB6444 VT PRO4. A área útil da parcela foi determinada desconsiderando-se 0,50 m de cada extremidade e as duas linhas laterais, adotando-se uma população de 71.000 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos foram representados pelos seguintes produtos aplicados via sulco e após a semeadura: T1 - testemunha, com a utilização de produto químico à base de fluopiram, na dose de 500 mL ha⁻¹; T2 - aplicação de *Bacillus subtilis*, na dose de 500 mL ha⁻¹; T3 - aplicação de *Bacillus megaterium*, na dose de 500 mL ha⁻¹; T4 - aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens*, na dose de 500 mL ha⁻¹ e T5 - aplicação de *Trichoderma asperellum* / *harzianum*, na dose de 500 mL ha⁻¹ (Tabela 2). Nesse contexto, a escolha dos tratamentos foi fundamentada nas diferentes indicações de uso dos produtos biológicos, visando avaliar seu desempenho na cultura do milho, em comparação com o produto químico.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados na aplicação via sulco, na cultura do milho, Lagoa da Confusão, 2025/2026

Tratamentos	Produto	Dose	Concentração
T1	Fluopiram	500 ml/ha	500 g/L
T2	<i>B. subtilis</i>	500 ml/ha	2x10 ¹² UFC/L
T3	<i>B. megaterium</i>	500 ml/ha	2x10 ¹² UFC/L
T4	<i>B. amyloliquefaciens</i>	500 ml/ha	2x10 ¹² UFC/L
T5	<i>T. asperellum</i> / <i>harzianum</i>	500 ml/ha	2x10 ¹¹ UFC/L

No estágio R6, correspondente à maturação fisiológica, realizou-se a colheita das plantas da área útil de cada parcela, avaliando-se as seguintes características: altura de plantas (AP), expressa em centímetros, considerando-se a distância entre o solo e a inserção da folha-bandeira; altura de inserção da primeira espiga (AE), em centímetros, determinada pela distância entre o solo e a inserção da primeira espiga; comprimento da espiga (CE), em centímetros, obtido por meio de medição com régua graduada; e diâmetro da espiga (DE), em

milímetros, mensurado na região central da espiga com o auxílio de paquímetro. Na sequência, as espigas foram trilhadas para a determinação do peso de mil grãos (PMG), expresso em gramas, e da produtividade de grãos por planta (PROD), com os valores corrigidos para 13% de teor de umidade e expressos em kg ha^{-1} .

Na análise estatística, inicialmente foi aplicado o teste de normalidade aos dados, com o objetivo de verificar o atendimento aos pressupostos das análises subsequentes e a necessidade de transformação dos dados. Posteriormente, procedeu-se à análise de variância ($p \leq 0,05$), em delineamento de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, seguida da aplicação do teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

3. ORÇAMENTO

Para a execução do experimento, foi considerado o custo médio para contratação de protocolos de campo na região. O valor médio por tratamento foi de R\$3.000,00 e considerando um total de cinco tratamentos, o custo total estimado foi de R\$15.000,00.

O valor total considera os gastos com: bandeirinhas, garrafas, caneta, pincéis, pranchetas, sementes, adubo sulfato de amônio (20,5% de N), produtos químicos, adjuvantes, barbantes, trenas, gasolina, estagiário para a realização das seguintes atividades: delineamento experimental, plantio do experimento, controle de plantas daninhas e pragas e transporte.

4. CRONOGRAMA

Quadro 1 - Cronograma das atividades realizadas no projeto de pesquisa

Atividades	Meses													
	2025								2026					
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
Planejamento														
Revisão bibliográfica														
Semeadura														
Condução do experimento														
Colheita e avaliação														
Tabulação e análise dos dados														
Escrita do TCC														

Fonte: Autoria própria (2026).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os componentes agronômicos, altura de plantas (AP - 214,2 cm), altura de espiga (AE - 122 cm), comprimento de espiga (CE - 16,4 cm), diâmetro de espiga (DE - 51,6 mm), peso de mil grãos (PMG - 334,2 g) e produtividade de grãos (PROD - 9.872 kg ha⁻¹) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em função dos diferentes tratamentos aplicados (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), comprimento (CE, cm) e diâmetro de espiga (DE, mm) da cultura do milho, avaliada com diferentes produtos biológicos aplicados via sulco, safra 2025/2026

Tratamentos ¹	AP	AE	CE	DE
Fluopiram	210 a	119 a	17 a	51 a
<i>B. subtilis</i>	214 a	120 a	16 a	52 a
<i>B. megaterium</i>	216 a	122 a	16 a	52 a
<i>B. amyloliquefaciens</i>	214 a	124 a	16 a	52 a
<i>T. asperellum / harzianum</i>	217 a	125 a	17 a	51 a
CV (%)	3,9	4,6	3,7	2,0

¹ CV: Coeficiente de variação. Produtos aplicados via sulco, na dose de 500 ml/ha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias (Scott-Knott ($p \leq 0,05$)).

Tabela 5 - Peso de mil grãos (PMG, g) e produtividade (PROD, kg/ha) da cultura do milho avaliada com diferentes produtos biológicos aplicados via sulco, safra 2025/2026

Tratamentos ¹	PMG	PROD
Fluopiram	346 a	10.802 a
<i>B. subtilis</i>	329 a	10.131 a
<i>B. megaterium</i>	316 a	9.252 a
<i>B. amyloliquefaciens</i>	330 a	8.933 a
<i>T. asperellum / harzianum</i>	350 a	10.242 a
CV (%)	6,5	14,5

¹ CV: Coeficiente de variação. Produtos aplicados via sulco, na dose de 500 ml/ha. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de médias (Scott-Knott ($p \leq 0,05$)).

Em relação a altura de plantas (AP), os resultados indicam que, nas condições em que o experimento foi conduzido, os produtos biológicos não promoveram alterações no crescimento vegetativo da cultura. Embora Mosquera *et al.* (2026) relatam que melhorias na fertilidade do solo na retenção de água e dinâmica de nutrientes estão relacionadas ao aumento da altura das plantas, esses efeitos dependem de fatores como as condições edafoclimáticas, a interação entre os microrganismos e o solo, o estágio de desenvolvimento da cultura e a eficiência da colonização, o que pode explicar a ausência de resposta significativa neste estudo. Em relação a altura de inserção de espiga (AE), essa variável está

associada às características genéticas dos híbridos e pode ser modificada por fatores de manejo, especialmente densidade populacional e disponibilidade de nitrogênio (Bayer *et al.*, 2021; Debruin *et al.*, 2024). Em contrapartida, Thomé *et al.* (2022) observaram aumento da altura de inserção de espiga com uso de bioestimulantes à base de fitormônios e nicotinamida e relacionaram com o aumento da atividade fotossintética. A ausência de resposta significativa pode estar relacionada às diferenças entre os produtos utilizados, aos mecanismos de ação dos bioinsumos avaliados e às condições edafoclimáticas em que o experimento foi conduzido.

Em relação ao comprimento (CE) e ao diâmetro da espiga (DE) são características influenciadas pelo potencial genético dos híbridos e pela disponibilidade de nutrientes, especialmente fósforo, que atua diretamente no desenvolvimento reprodutivo e na formação dos componentes de rendimento (Damaso *et al.*, 2022). Segundo Santos *et al.* (2022) alterações na densidade de semeadura podem modificar o comprimento e o diâmetro das espigas devido à maior competição entre plantas por luz, água e nutrientes. O local do estudo apresentou boa fertilidade do solo e, apesar de o período chuvoso ter iniciado mais tarde do que o previsto para a região, não houve estresse hídrico no período mais crítico (enchimento dos grãos). De forma similar, Costa (2022) relata que o déficit hídrico durante o período reprodutivo compromete o desenvolvimento da espiga, reduzindo seu comprimento e diâmetro em decorrência da menor disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento dos grãos.

Em relação ao peso de mil grãos (PMG), durante a condução do experimento foi realizada uma única adubação nitrogenada no estágio V4, além de não ter sido observado déficit hídrico significativo durante o período de enchimento dos grãos, considerado uma das fases mais críticas para a definição dessa variável. O fornecimento adequado de nitrogênio favorece a atividade enzimática relacionada à síntese de amido, promovendo o acúmulo de matéria seca e aumentando o peso final dos grãos (Yue *et al.*, 2022). Por outro lado, o estresse hídrico durante o florescimento e o enchimento dos grãos reduz a fotossíntese e o transporte de fotoassimilados, resultando em menor PMG (Vennam *et al.*, 2023). Assim, as condições adequadas de nutrição e disponibilidade hídrica observadas durante o experimento podem ter favorecido o desenvolvimento uniforme da cultura, contribuindo para a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos.

Em relação a produtividade (PROD), apesar de o fluopiram ser reconhecido pela eficiência no manejo de fungos e nematóides fitoparasitas (Li *et al.*, 2020), os resultados obtidos neste estudo demonstraram que sua aplicação não promoveu incrementos

significativos no aumento da produtividade da cultura do milho. Han *et al.* (2023), em experimentos realizados nos Estados Unidos com a cultura do milho, verificaram que o uso de produtos à base de fluopiram no tratamento de sementes não promoveu efeitos significativos na produtividade. Ainda, relacionam-se com o fato da baixa densidade populacional de fitoparasitas no local de estudo.

Quanto aos tratamentos com produtos biológicos do gênero *Bacillus*, os resultados obtidos neste estudo demonstram que eles não promoveram diferenças estatísticas na variável produtividade (PROD). Entretanto, estudos revelam os benefícios associados à utilização de espécies do gênero *Bacillus*. Por exemplo, Kloepper *et al.* (2004) verificaram que *B. subtilis* pode estimular o crescimento radicular e a absorção de nutrientes, enquanto *B. megaterium* apresenta potencial para aumentar a disponibilidade de fósforo no solo por meio da sua solubilização (Pérez-García *et al.*, 2011). Esses resultados podem estar relacionados às condições ambientais, à disponibilidade de nutrientes no solo e à interação entre os microrganismos e a planta hospedeira, fatores que influenciam a colonização radicular e a expressão dos efeitos benéficos dos inoculantes biológicos (Lopes *et al.*, 2021; Volpiano *et al.*, 2022).

Os resultados observados neste estudo não evidenciaram efeito significativo no aumento da produtividade do tratamento com *Trichoderma*, esse resultado não reduz a importância desse microrganismo, uma vez que sua função está relacionada principalmente ao controle biológico seguida da promoção de crescimento vegetal e indução de resistência nas plantas (Harman *et al.*, 2004). Dessa forma, seus benefícios estão relacionados à melhoria da sanidade e do vigor das plantas, sendo os incrementos em produtividade dependentes das condições edafoclimáticas e da pressão de patógenos (Woo *et al.*, 2014).

Em adição, estudos realizados em área de várzea tropical por Ribeiro *et al.* (2026), avaliando diferentes níveis de desfolha artificial, registraram produtividade de 6.330 kg ha⁻¹ no tratamento de testemunha. Valores que são próximos ao observado por Carvalho *et al.* (2023) que avaliou a produtividade de culturas do milho em duas regiões no Tocantins. Entretanto, na safra 2022/2023. Carvalho *et al.* (2025) encontraram médias de produtividade entre 10.009 kg ha⁻¹ e 11.710 kg ha⁻¹. Cabe destacar que a média encontrada no presente estudo, 9.872 kg ha⁻¹, superior à média nacional e que demonstra a variabilidade das condições de cultivo de safra para safra e que podem ter relação com os resultados obtidos na pesquisa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes produtos biológicos (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. amyloliquefaciens* e *T. asperellum* / *harzianum*), aplicados via sulco, não promoveram alterações significativas nas características agronômicas e na produtividade da cultura do milho, em comparação com o produto químico fluopiram.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. R. de A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 67-100.
- BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77-136, 2010. DOI: 10.1016/S0065-2113(10)08002-8. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8). Acesso em: 16 jun. 2026.
- BAYER, D. P.; SOUZA, E. G. de; FIOREZE, S. L.; ZOZ, T.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Densidade de plantas e doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha em elevada altitude. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 5, p. 2651-2666, 2021. DOI: 10.5433/1679-0359.2021v42n5p2651. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n5p2651>. Acesso em: 10 maio 2026.
- CARVALHO, E. V. de; SANTOS, P. R. R. dos; PROVENCI, L. Z.; MELQUIADES, P. A. T.; RIBEIRO, B. G. Fontes e doses de nitrogênio no milho em sucessão à soja nas várzeas tropicais do Tocantins. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 18, e12695, 2025. DOI: 10.17765/2176-9168.2025v18e12695. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2025v18e12695>. Acesso em: 12 jun. 2026.
- CARVALHO, E. V. de; SANTOS, P. R. R. dos; PROVENCI, L. Z.; RIBEIRO, B. G.; SOUZA, L. N. de. Adubação nitrogenada no cultivo do milho safrinha em duas regiões no Tocantins. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 22, n. 4, p. 563-571, 2023. DOI: 10.5965/223811712242023563. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/223811712242023563>. Acesso em: 14 jun. 2026.
- CHEPSEERSON, J.; MWAMBURI, L.; KIPROP, K. Ability of *Trichoderma harzianum* from semi-arid soils to enhance antioxidant defense in maize seedlings under water stress. **British Microbiology Research Journal**, v. 17, n. 3, p. 1-9, 2016. DOI: 10.9734/BMRJ/2016/26015.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: safra 2025/26 – oitavo levantamento**. Brasília, DF: Conab, 2026. Disponível em: [inserir URL oficial]. Acesso em: 18 maio 2026.
- COSTA, F. H. R. **Produtividade da cultura do milho em função da salinidade e da cobertura morta vegetal**. 2022. 7 f. Artigo (Graduação em Agronomia) – Instituto de Desenvolvimento Rural, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.
- DAMASO, L. F.; RESENDE, C. L. P.; CARVALHO, D. D. C.; SILVA, F. de C.; RODRIGUES, F. Híbridos duplos experimentais de milho verde cultivado sob baixa e alta disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 52, e72023, 2022. DOI: 10.1590/1983-40632022v5272023. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/72023>. Acesso em: 15 jun. 2026.

DEBRUIN, J. et al. Yield response of maize hybrids with different ear flex to nitrogen rate and plant density. **Agronomy Journal**, v. 116, p. 260-275, 2024. DOI: 10.1002/agj2.21495.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Importância socioeconômica do milho**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/soci-oeconomia>. Acesso em: 1 jun. 2026.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERREIRA, F. V.; MUSUMECI, M. A. Trichoderma as biological control agent: scope and prospects to improve efficacy. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 37, n. 5, art. 90, 2021. DOI: 10.1007/s11274-021-03058-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03058-7>. Acesso em: 5 jun. 2026.

HAN, J.; FICCA, A.; KLECZEWSKI, N.; SCHROEDER, N. Effect of fluopyram on *Pratylenchus penetrans* on corn in the field and in vitro. **Plant Disease**, v. 108, n. 2, p. 342-347, 2024. DOI: 10.1094/PDIS-04-23-0725-RE. Disponível em: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-23-0725-RE>. Acesso em: 12 abr. 2026.

HARMAN, G. E. et al. *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004. DOI: 10.1038/nrmicro797.

HARMAN, G. E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, v. 96, n. 2, p. 190-194, 2006. DOI: 10.1094/PHYTO-96-0190.

HAWK, T.; FASKE, T. R. Effect of seed-applied fluopyram on *Meloidogyne incognita* infection and maturity in cotton and soybean. **Journal of Nematology**, v. 52, e2020-83, 2021.

KLOPPER, J. W.; RYU, C.-M.; ZHANG, S. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 94, n. 11, p. 1259-1266, 2004. DOI: 10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259.

LI, J.; WANG, C.; BANGASH, S. H.; LIN, H.; ZENG, D.; TANG, W. Efficacy of fluopyram applied by chemigation on controlling eggplant root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and its effects on soil properties. **PLOS ONE**, v. 15, n. 7, e0235423, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0235423. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235423>. Acesso em: 1 maio 2026.

LOPES, M. J. S.; DIAS-FILHO, M. B.; GURGEL, E. S. C. Successful plant growth-promoting microbes: inoculation methods and abiotic factors. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, art. 606454, 2021. DOI: 10.3389/fsufs.2021.606454. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606454>. Acesso em: 8 jun. 2026.

LÜMMEN, P.; FÜRSCH, H. Fluopyram: a novel nematicide for the control of root-knot nematodes. In: JESCHKE, P. et al. (ed.). **Modern Crop Protection Compounds**. Hoboken: Wiley, 2019. p. 1630-1643.

LUVIZUTTO, R.; LOPES, I. N. S.; LIMA, R. P. A importância de inoculantes no sulco de plantio. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 11, n. 1, 2024. DOI: 10.61164/rmnm.v11i1.3107.

LYNGWI, N. A.; JOSHI, S. R. Economically important *Bacillus* and related genera: a mini review. In: SEN, A. (ed.). **Biology of Useful Plants and Microbes**. New Delhi: Narosa Publishing House, 2014. p. 33-43.

MALDANER, L. J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J. F.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D.; GRZESIUCK, A. E. Exigência agroclimática da cultura do milho. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, n. 1, p. 13-23, 2014. DOI: 10.5380/rber.v3i1.36915.

MOSQUERA, Y. B. S.; TORRES-TORRES, J. J.; GONZÁLEZ FORERO, R.; BARRIOS MATURANA, F. Effects of biochar on corn yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 56, e83417, 2026. DOI: 10.1590/1983-40632026v5683417. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-40632026v5683417>. Acesso em: 15 jun. 2026.

MWAMBURI, J. C.; CHEPSEKON, L. A.; KIPROP, K. E. Variation in the beneficial effects of *Trichoderma harzianum* by maize variety under water stress. **Brazilian Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 10, e354, 2018. DOI: 10.21472/bjbs.051028.

NOORULLAH, A.; SHAHZAD, S. Biological control of *Trichoderma* spp. with emphasis on *T. harzianum*. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 4, p. 478-484, 2004. DOI: 10.3923/pjbs.2004.478.484.

NUNES, R. S. et al. Crops' yield and roots response to soil phosphorus distribution resulting from long-term soil and phosphate fertilization management strategies. **Frontiers in Agronomy**, v. 3, art. 757100, 2021. DOI: 10.3389/fagro.2021.757100.

PEREIRA, J. L. A. R.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, A.; LIMA, T. G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 676-683, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000300003.

PÉREZ-GARCÍA, A.; ROMERO, D.; DE VICENTE, A. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of *Bacilli* and *Trichoderma*. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 187-193, 2011. DOI: 10.1016/j.copbio.2010.12.003.

RIBEIRO, S. L. M.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, P. R. da R.; SANTOS, J. P. de O.; COELHO, V. L.; SILVA, M. C. da. A desfolha artificial no milho: estresses bióticos e abióticos e seus impactos na produtividade. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 10, e1880, 2026. DOI: 10.47236/2594-7036.2026.v10.1880. Disponível em: <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2026.v10.1880>. Acesso em: 3 jun. 2026.

ROCHA, L. F.; SUBEDI, A.; PIMENTEL, M. F.; BOND, J. P.; FAKHOURY, A. M. Fluopyram activates systemic resistance in soybean. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 1020167, 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.1020167.

SANTOS, H. L. et al. A aplicação de bioestimulante no sulco de semeadura estimula o crescimento inicial do feijão-comum. **Agrarian**, v. 16, n. 56, 2023. DOI: 10.30612/agrarian.v16i56.16987.

SANTOS, J. V. et al. Altura, diâmetro do colmo, comprimento e diâmetro de espigas de milho submetidas a densidades de semeadura. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**, 2022. **Anais [...]**. 2022.

SCHLEKER, A. S. S. et al. Mode of action of fluopyram in plant-parasitic nematodes. **Scientific Reports**, v. 12, art. 11954, 2022. DOI: 10.1038/s41598-022-15782-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15782-7>. Acesso em: 2 jun. 2026.

SERPA, M. S.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; MARCHESI, D. R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 4, p. 541-549, 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000400010.

SIDDIQUEE, S. Recent advancements on the role and analysis of volatile compounds (VOCs) of *Trichoderma*. In: GUPTA, V. K. et al. (ed.). **Biotechnology and Biology of Trichoderma**. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 139-175. DOI: 10.1016/B978-0-444-59576-8.00011-4.

THOMÉ, S. E. N.; LIMA, S. F.; OLIVEIRA, I. C. de; CONTARDI, L. M.; VENDRUSCOLO, E. P.; ANDRADE, M. G. de O.; CORDEIRO, M. A. S.; ARGUELHO, J. C.; OLIVEIRA, J. J. de. Biostimulants increase growth and yield of second-crop maize. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 27, n. 7, p. 550-558, 2023. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n7p550-558. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n7p550-558>. Acesso em: 15 jun. 2026.

TOCANTINS. Secretaria da Fazenda e Planejamento. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. 8. ed. Palmas: SEFAZ, 2019.

VARGAS, W. A.; MANDAWÉ, J. C.; KENERLEY, C. M. Plant-derived sucrose is a key element in the symbiotic association between *Trichoderma virens* and maize plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 151, n. 2, p. 792-808, 2009. DOI: 10.1104/pp.109.141291. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.109.141291>. Acesso em: 5 abr. 2026.

VENNAM, R. R.; POUDEL, S.; RAMAMOORTHY, P.; SAMIAPPAN, S.; REDDY, K. R.; BHEEMANAHALLI, R. Impact of soil moisture stress during the silk emergence and grain-filling in maize. **Physiologia Plantarum**, v. 175, n. 5, e14029, 2023. DOI: 10.1111/ppl.14029. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ppl.14029>. Acesso em: 16 maio 2026.

VOLPIANO, C. G.; LISBOA, B. B.; SÃO JOSÉ, J. F. B. de; BENEDUZI, A.; GRANADA, C. E.; VARGAS, L. K. Soil-plant-microbiota interactions to enhance plant growth. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, e0210098, 2022. DOI: 10.36783/18069657rbcs20210098. Disponível em: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210098>. Acesso em: 16 maio 2026.

WOO, S. L.; RUIU, L.; VINALE, F.; LORITO, M. *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, Sharjah, v. 8, p. 71-126, 2014. DOI: 10.2174/1874437001408010071.

XU, G. et al. Population genomics of *Zea* species identifies selection signatures during maize domestication and adaptation. **BMC Plant Biology**, v. 22, art. 72, 2022. DOI: 10.1186/s12870-022-03427-w.

YUE, K.; LI, L.; XIE, J.; LIU, Y.; XIE, J.; ANWAR, S.; FUDJOE, S. K. Nitrogen supply affects yield and grain filling of maize by regulating starch metabolizing enzyme activities and endogenous hormone contents. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, 798119,

2022. DOI: 10.3389/fpls.2021.798119. Disponível em:
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.798119>. Acesso em: 2 jun. 2026.