

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS CERES
BACHARELADO EM AGRONOMIA
MATHEUS CARDOSO DE MELO MOTA

**INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE
PLANTAS NA QUALIDADE DE SEMENTES DE PIMENTA BODE E MALAGUETA**

CERES – GO
2026

MATHEUS CARDOSO DE MELO MOTA

**INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE
PLANTAS NA QUALIDADE DE SEMENTES DE PIMENTA BODE E MALAGUETA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia, sob orientação do Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale.

**CERES – GO
2026**

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

M528 MOTA, MATHEUS CARDOSO DE MELO
INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE
CRESCIMENTO DE PLANTAS NA QUALIDADE DE
SEMENTES DE PIMENTA BODE E MALAGUETA /
MATHEUS CARDOSO DE MELO MOTA. CERES 2026.

15f.

Orientador: Prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0320021 -
Bacharelado em Agronomia - Ceres (Campus Ceres).

1. Inoculação de Bacterias. 2. Bacillus subtilis. 3. Burkholderia
seminalis. 4. Capsicum. I. Título.

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

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

MATHEUS CARDOSO DE MELO MOTA

Matrícula:

2017103200210067

Título do trabalho:

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTARAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS NA QUALIDADE DE SEMENTES DE PIMENTA BODE E MALAGUETA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 24 /06 /2026

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
MATHEUS CARDOSO DE MELO MOTA
Data: 24/06/2026 10:07:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

CERES GO

Local

24 /06 /2026

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
LUIS SERGIO RODRIGUES VALE
Data: 24/06/2026 10:39:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ANEXO IV - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) dois dia(s) do mês de junho do ano de dois mil e veinte e seis realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Mathius Cardoso de Melo Neto, do Curso de Agronomia, matrícula _____, cujo título é "Inoculação de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas na Qualidade de Sementes de Pimenta Doce e Malaguita.". A defesa iniciou-se às 7 horas e 55 minutos, finalizando-se às 9 horas e 40 minutos. A banca examinadora considerou o trabalho APROVADO com média 8,3 no trabalho escrito, média 9,0 no trabalho oral, apresentando assim média aritmética final 8,7 de **pontos**, estando o(a) estudante Apto para fins de conclusão do Trabalho de Curso.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o(a) estudante deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador.

Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

Lucas Sérgio Rodrigues Vale

Assinatura Presidente da Banca

Ariany Rosa Gonçalves

Assinatura Membro 1 Banca Examinadora

Isisnia Fátima

Assinatura Membro 2 Banca Examinadora

Dedico este trabalho em memória de minha mãe, Viviane Vieira Mota Melo, cuja a lembrança me acompanha em cada passo da minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido força, sabedoria e perseverança ao longo desta caminhada.

À minha esposa, Sarah Pikhardt Martins, pelo apoio incondicional, pela dedicação em cada etapa deste projeto, pelos conselhos, incentivo e por sempre me motivar a seguir em frente até a conclusão deste trabalho.

Ao meu pai, Jabez Cardoso de Melo, por nunca ter me deixado desamparado, pelo exemplo, apoio e incentivo constante para que eu persistisse e alcançasse meus objetivos.

Aos meus familiares, pelos ensinamentos, conselhos e direcionamentos que contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica.

Aos meus amigos, por estarem presentes nos momentos mais difíceis e pelos inúmeros momentos de companheirismo e alegria compartilhados ao longo desta trajetória.

Aos professores, pela paciência, dedicação e pelos conhecimentos transmitidos durante minha formação.

Em especial, ao professor orientador Luís Sérgio Rodrigues Vale, pela orientação, apoio, confiança e contribuição fundamental para a realização deste trabalho.

Ao IF Goiano – Campus Ceres, pela oportunidade de aprendizado, estrutura e suporte oferecidos durante minha formação acadêmica.

"Quanto mais estudo a natureza, mais fico parado em estado de admiração diante da obra do Criador."

Louis Pasteur

RESUMO

A utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal tem se destacado como uma estratégia sustentável para o incremento da qualidade fisiológica de sementes e do desenvolvimento inicial de plântulas. Este trabalho avaliou o efeito da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) na qualidade de sementes de pimenta Bode e pimenta Malagueta. As linhagens utilizadas foram o *Bacillus subtilis* ATCC 23858 e a *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial de 3 x 2, com três tratamentos de inoculação e duas espécies de pimenta. Avaliaram-se a germinação de sementes, o comprimento de radícula, o índice de velocidade de emergência (IVE), a altura de plântulas e as massas fresca e seca das partes aérea e radicular. Os resultados demonstraram que ambas as BPCPs aumentaram significativamente a germinação de sementes e o comprimento de radícula, considerando-se o efeito dos tratamentos de inoculação, sem diferença significativa entre as espécies de pimenta para essas variáveis. Observou-se interação significativa entre espécies de pimentas e inoculações para altura de plântulas e IVE, com destaque para o aumento da altura de plântulas de pimenta Bode inoculada com *B. subtilis* e *B. seminalis*. Não foram observadas diferenças significativas para massa fresca e seca de raiz e fresca da parte aérea, mas houve diferença para massa seca da parte aérea que foi superior na pimenta Bode. Conclui-se que a inoculação com BPCPs é uma alternativa promissora para o aumento da qualidade de sementes e o vigor inicial de plântulas, devendo-se considerar a espécie de pimenta e a bactéria promotora de crescimento mais adequada para cada situação.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis*; *Burkholderia seminalis*; bioinoculação; *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens*, germinação de sementes.

ABSTRACT

The use of plant growth-promoting microorganisms has emerged as a sustainable strategy to enhance seed physiological quality and early seedling development. This study evaluated the effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on the seed quality of bode pepper (*Capsicum chinense*) and malagueta pepper (*Capsicum frutescens*). The bacterial strains used were *Bacillus subtilis* ATCC 23858 and *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. The experiment was conducted in a randomized block design arranged in a 3 × 2 factorial scheme, with three inoculation treatments and two pepper species. Seed germination, radicle length, emergence speed index (ESI), seedling height, and fresh and dry biomass of shoots and roots were evaluated. The results showed that both PGPB significantly increased seed germination and radicle length, considering the effect of inoculation treatments, with no significant differences between pepper species for these variables. A significant interaction between species and inoculation was observed for seedling height and ESI, highlighting the increase in seedling height of bode pepper inoculated with *B. subtilis*, as well as the increase in ESI in both species inoculated with *B. subtilis* and *B. seminalis*. No significant differences were observed for root fresh and dry biomass or shoot fresh biomass; however, shoot dry biomass was higher in bode pepper. It is concluded that inoculation with PGPB is a promising alternative to improve seed quality and early seedling vigor, and that the selection of the most appropriate bacterial strain should consider the pepper species and cultivation conditions.

Keywords: *Bacillus subtilis*; *Burkholderia seminalis*; bioinoculation; seed germination; peppers.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teste Padrão de Germinação (TPG) e comprimento de radícula (CR) aos 14 DAS, médias gerais das espécies pimenta Bode (<i>Capsicum chinense</i>) e Malagueta (<i>Capsicum frutescens</i>), sob diferentes tratamentos de inoculação. Ceres, GO.....	7
Tabela 2 - Altura de plântulas (H) e índice de velocidade de emergência (IVE) de pimentas Bode e Malagueta sob inoculação com <i>B. subtilis</i> , <i>B. seminalis</i> e sem inoculação. Ceres, GO.	9
Tabela 3 - Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) de pimentas Bode e Malagueta sob inoculação com <i>B. subtilis</i> , <i>B. seminalis</i> e sem inoculação. Ceres, GO.....	9

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
4. CONCLUSÕES.....	10
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS NA QUALIDADE DE SEMENTES DE PIMENTA BODE E MALAGUETA

Matheus Cardoso de Melo Mota e Luís Sérgio Rodrigues Vale

RESUMO

A utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal tem se destacado como uma estratégia sustentável para o incremento da qualidade fisiológica de sementes e do desenvolvimento inicial de plântulas. Este trabalho avaliou o efeito da inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) na qualidade de sementes de pimenta Bode e pimenta Malagueta. As linhagens utilizadas foram o *Bacillus subtilis* ATCC 23858 e a *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial de 3 x 2, com três tratamentos de inoculação e duas espécies de pimenta. Avaliaram-se a germinação de sementes, o comprimento de radícula, o índice de velocidade de emergência (IVE), a altura de plântulas e as massas fresca e seca das partes aérea e radicular. Os resultados demonstraram que ambas as BPCPs aumentaram significativamente a germinação de sementes e o comprimento de radícula, considerando-se o efeito dos tratamentos de inoculação, sem diferença significativa entre as espécies de pimenta para essas variáveis. Observou-se interação significativa entre espécies de pimentas e inoculações para altura de plântulas e IVE, com destaque para o aumento da altura de plântulas de pimenta Bode inoculada com *B. subtilis* e *B. seminalis*. Não foram observadas diferenças significativas para massa fresca e seca de raiz e fresca da parte aérea, mas houve diferença para massa seca da parte aérea que foi superior na pimenta Bode. Conclui-se que a inoculação com BPCPs é uma alternativa promissora para o aumento da qualidade de sementes e o vigor inicial de plântulas, devendo-se considerar a espécie de pimenta e a bactéria promotora de crescimento mais adequada para cada situação.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis*; *Burkholderia seminalis*; bioinoculação; *Capsicum chinense*; *Capsicum frutescens*, germinação de sementes.

ABSTRACT

The use of plant growth-promoting microorganisms has emerged as a sustainable strategy to enhance seed physiological quality and early seedling development. This study evaluated the effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on the seed quality of bode pepper (*Capsicum chinense*) and malagueta pepper (*Capsicum frutescens*). The bacterial strains used were *Bacillus subtilis* ATCC 23858 and *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. The experiment was conducted in a randomized block design arranged in a 3 × 2 factorial scheme, with three inoculation treatments and two pepper species. Seed germination, radicle length, emergence speed index (ESI), seedling height, and fresh and dry biomass of shoots and roots were evaluated. The results showed that both PGPB significantly increased seed germination and radicle length, considering the effect of inoculation treatments, with no significant differences between pepper species for these variables. A significant interaction between species and inoculation was observed for seedling height and ESI, highlighting the increase in seedling height of bode pepper inoculated with *B. subtilis*, as well as the increase in ESI in both species inoculated with *B. subtilis* and *B. seminalis*. No significant differences were observed for root fresh and dry biomass or shoot fresh biomass; however, shoot dry biomass was higher in bode pepper. It is concluded that inoculation with PGPB is a promising alternative to improve seed quality and early seedling vigor, and that the selection of the most appropriate bacterial strain should consider the pepper species and cultivation conditions.

Keywords: *Bacillus subtilis*; *Burkholderia seminalis*; bioinoculation; seed germination; peppers.

INTRODUÇÃO

Transformações no cenário agrário baseados no ponto de vista do consumidor têm modificado as estratégias adotadas pelos produtores para reduzir potenciais impactos negativos no meio ambiente, produzindo com mais consciência e sustentabilidade. Assim, pesquisas alternativas têm surgido para minimizar a utilização de agrotóxicos, de fertilizantes minerais e aumentar a eficiência de uso de água, mesmo em déficit hídrico, acarretando em menor impacto ambiental (CARVALHO; CHAGAS, 2019; RAI *et al.*, 2020; SOUSA *et al.*, 2019). Dentre as estratégias adotadas pelos produtores, os bioinsumos tem se tornado uma alternativa viável, pois são capazes de promover o crescimento de plantas (SANTOS *et al.*, 2021).

O uso de bactérias na agricultura tem então ganhado destaque nos últimos anos como estratégia na cadeia produtiva de grãos e de frutos, principalmente. Estas bactérias utilizadas na agricultura são chamadas de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), pois em associação com as plantas (simbiose) estimulam direta ou indiretamente o seu desenvolvimento e crescimento (BASU *et al.*, 2021).

Alguns dos gêneros de bactérias que atuam como BPCP se destacam: *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Serratia* e *Klebsiella* (KANG *et al.*, 2019). Dentre esses gêneros, as espécies *Bacillus subtilis* e *Burkholderia seminalis* apresentam interesse agrônomo por atuarem em processos associados à fixação de nitrogênio, solubilização de fosfatos, produção de fitormônios e inibição de patógenos (HWANG *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2018). Quando aplicadas às sementes, essas bactérias podem favorecer a germinação e o vigor inicial por meio da colonização precoce da superfície seminal e da região rizosférica em formação, estimulando processos fisiológicos relacionados à embebição, à ativação metabólica da semente e ao crescimento inicial da radícula. Além disso, a produção de ácido indolacético, a modulação dos níveis de etileno pela atividade da ACC deaminase, a solubilização de nutrientes e a produção de sideróforos podem contribuir para maior alongamento celular, melhor aproveitamento de reservas e maior tolerância das plântulas aos estresses iniciais (BASU *et al.*, 2021; GLICK, 2015; TALLAPRAGADA *et al.*, 2015). Assim, a inoculação de sementes não atua apenas como veículo de aplicação do microrganismo, mas como estratégia de bioativação inicial da plântula, favorecendo seu estabelecimento e sua sobrevivência.

Bacillus subtilis é uma bactéria gram-positiva e esporulante, amplamente estudada como BPCP por não apresentar comportamento fitopatogênico nas culturas em que tem sido utilizada e por contribuir

para a promoção do crescimento vegetal (CHEN *et al.*, 2013). Ao se associar à planta hospedeira, pode induzir resistência sistêmica contra patógenos e estresses abióticos (TURAN *et al.*, 2014). As interações entre *B. subtilis* e plantas já foram relatadas nas culturas do manjeriço (SAYED *et al.*, 2011), da beterraba (PUSENKOVA *et al.*, 2016) e do pepino (EGAMBERDIEVA *et al.*, 2011).

Burkholderia seminalis é uma bactéria gram-negativa, aeróbica, não esporulante e amarelada, descrita e caracterizada por Vanlaere *et al.* (2008). Esta bactéria associa-se com diversas culturas, dentre as quais destacam-se o arroz, cana-de-açúcar, milho e cebola (AIZAWA *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2016; PANHWAR *et al.*, 2015), e é também capaz de inibir o crescimento de fungos fitopatogênicos como *Fusarium oxysporum*, *Ceratocystis paradoxa*, *Ceratocystis fimbriata* e *Colletotrichum* spp. *in vitro* (GONÇALVES *et al.*, 2019).

Dentre as culturas que carecem de novas estratégias de manejo, destaca-se a pimenta bode (*Capsicum chinense*) e a pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*), que são amplamente cultivadas no território brasileiro. O cultivo de pimenta no Brasil é de extrema importância, pois é realizado em sua maioria por pequenos produtores e pela agricultura familiar. Este último ponto dificulta estimar a exata produção de pimenta no Brasil, mas estima-se que a produção seja de 75 mil toneladas (RIBEIRO *et al.*, 2022).

Nesse contexto, é importante aliar as tecnologias de baixo custo e sustentáveis a sistemas de produção agrícola que exijam a redução de agrotóxicos e fertilizantes minerais. Assim, este estudo objetivou avaliar a inoculação de *B. subtilis* e *B. seminalis* na germinação de sementes, na velocidade de emergência e no crescimento inicial de plântulas de pimentas bode e malagueta.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Ceres, no município de Ceres, Goiás, Brasil. A etapa de germinação foi conduzida no Laboratório de Interações Microbianas e Biotecnologia (LIMBio), enquanto a etapa de emergência e crescimento inicial das plântulas foi realizada em casa de vegetação, localizada na área experimental da instituição.

Antes da definição dos tratamentos de inoculação, foi avaliada a compatibilidade *in vitro* entre *Bacillus subtilis* ATCC 23858 e *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3 por meio de ensaio de antagonismo em sobrecamada de ágar, conforme metodologia adaptada de Hockett, Burch e Lindow (2017). O teste indicou antagonismo entre as cepas, razão pela qual elas não foram

utilizadas em consórcio, sendo adotados tratamentos separados com *B. subtilis*, *B. seminalis* e controle sem inoculação.

As linhagens foram cultivadas em caldo nutriente (Kasvi®) e incubadas a 28 °C em Incubadora Shaker (Solab, modelo SL 222, Piracicaba, SP, Brasil) a 150 rpm por 24 h. O inóculo foi padronizado por densidade óptica (D.O) de 1.0 a 600 nm em espectrofotômetro (Duplofeixe UV-Visível, Global Analyzer, modelo GTA-101, Calgary, Canadá), para obter concentração final de 1×10^9 Unidades Formadoras de Colônia (UFC) mL⁻¹.

As sementes de pimenta Bode e pimenta Malagueta foram fornecidas pela empresa Top Seed Garden, localizada em Monte Alto, São Paulo, Brasil. As sementes foram desinfestadas superficialmente por imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl a 1%) por um minuto e, em seguida, em álcool 70% por um minuto (ARAÚJO *et al.*, 2001). Posteriormente, as sementes foram lavadas em água destilada estéril e dispostas sobre papel-filtro estéril para secagem natural, no Laboratório de Interações Microbianas e Biotecnologia (LIMBio – IF Goiano, campus Ceres).

Após este processo as sementes foram microbiolizadas com as suspensões bacterianas por 20 minutos, na proporção de 1 mL de bioinoculante g⁻¹ de semente, em capela de fluxo laminar. Para o tratamento sem inoculação as sementes foram embebidas em caldo nutriente estéril, sob as mesmas condições.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de 3 x 2, com três tratamentos de inoculação (inoculação com *Bacillus subtilis* da linhagem ATCC 23858, inoculação com *Burkholderia seminalis* da linhagem TC3.4.2R3 e o controle sem inoculação) e duas espécies de pimentas; pimenta Bode (*Capsicum chinense*) e pimenta Malagueta (*Capsicum frutescens*). Cada parcela experimental foi composta por 50 sementes da respectiva espécie de pimenta, totalizando oito repetições por combinação entre tratamento de inoculação e espécie, com 400 sementes avaliadas por combinação e 2.400 sementes no total.

As sementes foram dispostas em papel mata-borrão estéril umedecido na proporção de 1:2,5 (m/v), sendo 1 g de papel para 2,5 mL de água destilada estéril. Em seguida, foram acondicionadas em caixas de germinação tipo gerbox e incubadas a 25 °C por 14 dias em câmara B.O.D., sem fotoperíodo. Ao final desse período, foi realizado o Teste Padrão de Germinação (TPG), que consiste na contagem das sementes capazes de originar plântulas normais sob condições controladas de temperatura, umidade e substrato, permitindo expressar a germinação em porcentagem, conforme os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2025).

Foi conduzido experimento em casa de vegetação, localizada na área experimental do IF Goiano – Campus Ceres (15°21'01.5" S de latitude, 49°35'55.2" W de longitude e 580 m de altitude), para avaliação da emergência e do crescimento inicial das plântulas, incluindo o índice de velocidade de emergência (IVE) e as variáveis biométricas. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado como tropical com estação seca no inverno (PEEL *et al.*, 2007).

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato comercial Topstrato HA Hortaliças, com a distribuição de uma semente por célula.

Aos 14 dias após a semeadura (DAS), foi determinado o índice de velocidade de emergência (IVE) de acordo com o método descrito por Popinigis (1985). Para isso, foram contabilizadas diariamente as plântulas emergidas, e o IVE foi calculado utilizando a fórmula: $IVE = (E1/N1) + (E2/N2) + (E3/N3) + \dots + (En/Nn)$, em que E1, E2, E3, ..., En correspondem ao número de plântulas emergidas em cada contagem diária, e N1, N2, N3, ..., Nn correspondem ao número de dias decorridos desde a semeadura até cada contagem.

Após a determinação do IVE, duas plântulas de cada repetição foram destinadas às análises biométricas e as demais foram transplantadas para recipientes de 200 cm³ com o mesmo tipo de substrato utilizado na semeadura.

Após o transplante foi realizada a reinoculação com 5 mL de suspensão bacteriana (1×10^9 UFC ml⁻¹) via *drenching* na base da planta, ao redor do caule. O tratamento sem inoculação recebeu 5 mL de caldo nutriente estéril.

As parcelas experimentais foram irrigadas diariamente, utilizando microaspersores com vazão de 60 L h⁻¹. O tempo total de irrigação foi de 1 hora por dia, fracionado em aplicações ao longo do período, resultando em lâmina diária de 24,16 mm.

As análises biométricas foram realizadas aos 15 dias após a semeadura (DAS), considerando altura de plântulas (H), comprimento de radícula (CR), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA). Para altura de plântulas e IVE, as interações entre as cultivares e os tratamentos de inoculação foram avaliadas por análise de variância (ANOVA), e quando significativas ($p < 0,05$) as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Os dados foram tabulados e submetidos ao teste de normalidade de dados de Shapiro-Wilk (5%) para verificação da homocedasticidade. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as variáveis significativas foram comparadas pelo teste

de comparação de médias de Tukey aos níveis de 5% e 1% de significância. Todas as análises foram realizadas pelo software R Statistical, versão R-4.2.1 para Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre os tratamentos de microbiolização para germinação e comprimento de radícula (Tabela 1). As sementes microbiolizadas com *B. subtilis* e *B. seminalis* tiveram incremento nas taxas de germinação em 49,31% e 42,27%, respectivamente, em relação ao controle ($p < 0,01$). Para o comprimento de radícula, os mesmos microrganismos proporcionaram aumentos de 96,57% e 103,42%, respectivamente, mantendo-se estatisticamente iguais entre si, porém superiores ao tratamento controle ($p < 0,001$). Não foi observada diferença estatística significativa entre as espécies de pimenta para essas variáveis, nem interação entre os fatores espécie e inoculação ($p > 0,05$), indicando que o efeito das bactérias ocorreu de forma consistente em ambas as espécies avaliadas.

Esse efeito positivo da microbiolização nas sementes de pimentas pode estar relacionado a múltiplos mecanismos de promoção do crescimento de plantas. Segundo Tallapragada *et al.* (2015) e Kumar *et al.* (2020), a produção de ácido indolacético (AIA) por bactérias promotoras de crescimento (BPCPs) estimula o alongamento celular e a diferenciação dos tecidos radiculares, favorecendo tanto a emergência quanto a expansão das radículas. Paralelamente, a atividade da enzima ACC deaminase reduz os níveis de etileno nas sementes na germinação, hormônio que, em concentrações elevadas, pode inibir a germinação. A redução desse inibidor contribui para a quebra da dormência e para a emergência uniforme das plântulas (GLICK *et al.*, 2015; JALILI *et al.*, 2009).

Além dos efeitos hormonais, bactérias promotoras de crescimento, como *B. subtilis* e *B. seminalis*, também podem atuar por meio da solubilização de nutrientes e da produção de sideróforos, aumentando a disponibilidade de ferro e outros micronutrientes na rizosfera (BASU *et al.*, 2021; WANG *et al.*, 2018). Esse conjunto de mecanismos confere maior vigor inicial às plântulas, refletido no incremento significativo tanto da germinação quanto do comprimento de radícula observado neste estudo.

Tabela 1. Teste Padrão de Germinação (TPG) e comprimento de radícula (CR) aos 14 DAS, médias gerais das espécies pimenta bode (*Capsicum chinense*) e malagueta (*Capsicum frutescens*), sob diferentes tratamentos de inoculação. Ceres, GO.

Tratamentos	TPG (%)	CR (cm)
Controle	46,13 b	1,46 b
<i>B. subtilis</i>	68,88 a	2,87 a
<i>B. seminalis</i>	65,63 a	2,97 a
p-valor	0,0059**	<0,001**
C.V (%)	33,45	45,35

Observação: Os resultados da Tabela 1 representam médias gerais calculadas para cada fator, e não são somadas entre si.

Houve interação significativa ($P < 0,05$) para altura de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE), demonstrando que o efeito da microbiolização depende da espécie avaliada, para essas variáveis. Para a germinação e comprimento de radícula, por outro lado, não foi verificada interação ($P > 0,05$). Nessas variáveis iniciais, as sementes do tratamento Controle apresentaram resultados inferiores, enquanto os tratamentos com *B. subtilis* e *B. seminalis* resultaram em incrementos expressivos, estatisticamente iguais entre si.

Essa diferenciação indica que a microbiolização exerce efeitos específicos conforme a variável analisada, sendo que, nos estágios iniciais, os microrganismos tendem a atuar por mecanismos gerais de promoção de crescimento, como amplamente descrito para bactérias promotoras de crescimento de plantas (BASU *et al.*, 2021; KANG *et al.*, 2019).

Em fases posteriores, como altura de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE), a interação significativa sugere que a resposta pode estar associada a particularidades fisiológicas das espécies, como diferenças na sensibilidade a reguladores de crescimento, na capacidade de absorção de nutrientes e na arquitetura inicial do sistema radicular, aspectos que influenciam a interação planta-microrganismo e o desenvolvimento vegetal, conforme discutido por Glick (2015).

A análise indicou que a inoculação com *B. subtilis* promoveu maior altura de plântulas em pimenta Bode em comparação à Malagueta (Tabela 2). Esse efeito diferencial não foi observado para *B. seminalis* nem para o tratamento Controle, evidenciando a interação estatística entre fatores. Quando avaliadas separadamente dentro de cada espécie, verificou-se que tanto *B. subtilis* quanto *B. seminalis* aumentaram o índice de velocidade de emergência de plântulas em relação ao Controle, efeito foi consistente entre as duas espécies estudadas.

Tabela 2. Altura de plântulas (H) e índice de velocidade de emergência (IVE) de pimentas Bode e Malagueta sob inoculação com *B. subtilis*, *B. seminalis* e sem inoculação. Ceres, GO.

Variável	Espécie de pimenta	<i>B. subtilis</i>	<i>B. seminalis</i>	Controle
H (mm)	Pimenta bode (<i>Capsicum chinense</i>)	1,73 Aa	1,69 Aa	1,59 Aa
	Pimenta malagueta (<i>Capsicum frutescens</i>)	1,38 Bb	1,86 Aa	1,44 Ab
IVE	Pimenta bode (<i>Capsicum chinense</i>)	7,13 Ba	7,63 Aa	3,75 Bb
	Pimenta malagueta (<i>Capsicum frutescens</i>)	7,88 Aa	8,01 Aa	5,38 Ab

Letras maiúsculas diferentes nas colunas e minúsculas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A importância de maiores resultados obtidos de TPG e de IVE para as pimentas e a inoculação está diretamente relacionado com a emergência de plântulas mais rápida e que podem proporcionar melhor estabelecimento inicial de plântulas no campo. Essa característica pode reduzir falhas de plantio, otimizar a produção de mudas e, conseqüentemente, melhorar o rendimento da lavoura, contribuindo para a sustentabilidade e a competitividade dos cultivos de pimenta Bode e Malagueta.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca da parte aérea (MFPA), indicando que aos 14 DAS essas variáveis não foram influenciadas pelas espécies ou pela inoculação com *B. subtilis* e *B. seminalis* (Tabela 3).

Tabela 3. Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA), massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) de pimentas Bode e Malagueta sob inoculação com *B. subtilis*, *B. seminalis* e sem inoculação. Ceres, GO.

Tratamentos	MFR (mg)	MFPA (mg)	MSR (mg)	MSPA (mg)
Microbiolização				
Controle	1,44 a	8,58 a	0,48 a	1,39 a
<i>B. subtilis</i>	1,57 a	13,90 a	0,35 a	1,50 a
<i>B. seminalis</i>	1,60 a	10,54 a	0,45 a	1,57 a
F.V.				
p-valor	0,7432	0,5044	0,6746	0,2685
Cultura				
Pimenta Bode	1,58 a	13,61 a	0,34 a	1,61 a
Pimenta Malagueta	1,50 a	8,41 a	0,52 a	1,36 b
F.V.				
p-valor	0,6730	0,1708	0,1640	0,0125

Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A massa seca da raiz apresentou comportamento semelhante ao observado para a massa fresca, não havendo diferenças significativas entre as cultivares e os tratamentos. Para a massa seca da parte aérea (MSPA), entretanto, verificou-se diferença significativa entre as cultivares, sendo superior para plântulas de pimenta Bode. Esse resultado pode estar relacionado a diferenças fisiológicas entre as espécies quanto à alocação de biomassa e à eficiência no aproveitamento dos recursos disponíveis, uma vez que o acúmulo de matéria seca na parte aérea reflete diretamente a atividade metabólica e o desenvolvimento vegetal, conforme discutido por Glick (2015).

Além disso, a ausência de efeito significativo dos tratamentos de inoculação sobre as variáveis de biomassa sugere que, nas condições avaliadas e no período inicial de desenvolvimento, os microrganismos atuaram de forma mais expressiva em processos iniciais, como germinação e emergência, não sendo suficientes para promover alterações detectáveis no acúmulo de biomassa das plântulas.

Em experimentos futuros deve-se associar esses resultados com a produção de frutos de pimentas, quantidade, peso, número de sementes afim de avaliar o retorno financeiro e analisar a viabilidade financeira do projeto, sendo o que mais interessa ao produtor de pimentas.

4. CONCLUSÃO

A inoculação com *B. subtilis* e *B. seminalis* promoveu aumento significativo na germinação de sementes de pimentas Bode e Malagueta.

As inoculações com as *B. subtilis* e *B. seminalis* nas sementes proporcionaram aumento significativo para o comprimento de radícula quando comparadas, ao tratamento Controle, mas não apresentou diferenças entre as espécies de pimentas.

Para as variáveis altura de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE), houve interação significativa entre as espécies e as inoculações de *B. subtilis* e *B. seminalis*

Para massa fresca de raiz e da parte aérea, e massa seca da raiz, não houve efeito entre as inoculações e as espécies de pimentas. Mas, para a massa seca da parte aérea da espécie de pimenta Bode o resultado foi superior ao da Malagueta.

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram o potencial da inoculação com BPCPs para aumentar a germinação e o crescimento inicial de plântulas de pimentas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIZAWA, T.; VIJARNSORN, P.; NAKAJIMA, M.; SUNAIRI, M. *Burkholderia bannensis* sp. nov., an acid-neutralizing bacterium isolated from torpedo grass (*Panicum repens*) growing in highly acidic swamps. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 61, n. 7, p. 1645-1650, 2011. doi: 10.1099/ij.s.0.026278-0.

ARAÚJO, W. L.; CREASON, A. L.; MANO, E. T.; CAMARGO-NEVES, A. A.; MINAMI, S. N.; CHANG, J. H.; LOPER, J. E. Genome sequencing and transposon mutagenesis of *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3 identify genes contributing to suppression of orchid necrosis caused by *B. gladioli*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v. 29, n. 6, p. 435-446, 2016.

BASU, A.; PRASAD, P.; DAS, S. N.; KALAM, S.; SAYYED, R. Z.; REDDY, M. S.; EL ENSHASY, H. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 1140, 2021.

CARVALHO, T.; CHAGAS, I. Brasil, campeão mundial em consumo de agrotóxicos. *Politize*, 2019. Disponível em: <https://www.politize.com.br/brasil-campeao-mundial-emconsumo-de-agrotoxicos/>. Acesso em: 16 de julho de 2023.

CHEN, Y.; YAN, F.; CHAI, Y.; LIU, H.; KOLTER, R.; LOSICK, R.; GUO, J. H. Biocontrol of tomato wilt disease by *Bacillus subtilis* isolates from natural environments depends on conserved genes mediating biofilm formation. *Environmental Microbiology*, v. 15, n. 3, p. 848-864, 2013.

EGAMBERDIEVA, D.; KUCHAROVA, Z.; DAVRANOV, K.; BERG, G.; MAKAROVA, N.; AZAROVA, T.; CHEBOTAR, V.; TIKHONOVICH, I.; KAMILOVA, F.; VALIDOV, S.;

LUGTENBERG, B. Bacteria able to control foot and root rot and to promote growth of cucumber in salinated soils. *Biology and Fertility of Soils*, v. 47, p. 197–205, 2011.

GLICK, B. R. Introduction to Plant Growth-promoting Bacteria. In: *Beneficial Plant-Bacterial Interactions*. Springer, Cham, 2015.

GONÇALVES, P. J. R. D. O.; HUME, C. C. D.; FERREIRA, A. J.; TSUI, S.; BROCCHI, M.; WREN, B. W.; ARAUJO, W. L. Environmental interactions are regulated by temperature in *Burkholderia seminalis* TC3.4.2R3. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2019.

HOCKETT, K. L.; BURCH, A. Y.; LINDOW, S. E. Use of the soft-agar overlay technique to screen for bacterially produced inhibitory compounds. *Journal of Visualized Experiments*, n. 119, e55064, 2017. DOI: 10.3791/55064.

HWANG, H. H.; CHIEN, P. R.; HUANG, F. C.; HUNG, S. H.; KUO, C. H.; DENG, W. L.; HUANG, C. C. A Plant Endophytic Bacterium, *Burkholderia seminalis* Strain 869T2, promotes plant growth in Arabidopsis, Pak Choi, Chinese Amaranth, Lettuces, and other vegetables. *Microorganisms*, v. 9, n. 8, 2021.

JALILI, F.; KHAVAZI, K.; PAZIRA, E.; NEJATI, A.; RAHMANI, H. A.; SADAGHIANI, H. R.; MIRANSARI, M. Isolation and characterization of ACC deaminase-producing fluorescent pseudomonads, to alleviate salinity stress on canola (*Brassica napus* L.) growth. *Journal of Plant Physiology*, v. 166, n. 6, p. 667-674, 2009. doi:10.1007/s11103-008-9435-0.

KANG, S. M.; KHAN, A. L.; WAGAS, M.; ASAF, S.; LEE, K. E.; PARK, Y. G.; KIM, A. Y.; KHAN, M. A.; YOU, Y. H.; LEE, I. J. Integrated phytohormone production by the plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus tequilensis* SSB07 induced thermotolerance in soybean. *Journal of Plant Interactions*, v. 14, n. 1, p. 416-423, 2019.

KHAN, I.; LINKAI, H.; AWAN, S. A.; UR REHMAN, A.; RAZA, M. A.; RIZWAN, M.; ILYAS, N. Physiological and growth responses of two wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties inoculated with a new strain of *Bacillus siamensis* under Cadmium (Cd) stress. 2020.

KUMAR, P.; AERON, A.; SHAW, N.; SINGH, A.; BAJPAI, V. K.; PANT, S.; DUBEY, R. C. Seed bio-priming with tri-species consortia of phosphate solubilizing rhizobacteria (PSR) and its effect on plant growth promotion. *Heliyon*, v. 6, n. 12, 2020.

PANHWAR, Q. A.; NAHER, U. A.; RADZIAH, O.; SHAMSHUDDIN, J.; RAZI, I. M. Eliminating aluminum toxicity in an acid sulfate soil for rice cultivation using plant growth promoting bacteria. *Molecules*, v. 20, p. 3628–3646, 2015.

POPINIGIS, F. *Fisiologia da Semente*. 2. ed. Brasília - DF: Mississipi State University, 1985. 289 p.

PUSENKOVA, L. I.; IL'YASOVA, E. Y.; LASTOCHKINA, O. V.; MAKSIMOV, I. V.; LEONOVA, S. A. Changes in the species composition of the rhizosphere and phyllosphere of sugar beet under the impact of biological preparations based on endophytic bacteria and their metabolites. *Eurasian Soil Science*, v. 49, p. 1136-1144, 2016.

RAI, P. K.; SINGH, M.; ANAND, K.; SAURABH, S.; KAUR, T.; KOUR, D.; YADAY, A. N.; KUMAR, M. Role and potential applications of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agriculture. *Trends of Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture and Biomedicine Systems: Diversity and Functional Perspectives*, p. 49-60, 2020.

RIBEIRO, C. S. C.; HENZ, G. P.; VILELA, N. J.; AMARO, G. B.; MELO, W. F.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Pimenta – socioeconomia. *EMBRAPA*, 2022. Acesso em: 16 jul. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/pre-producao/socioeconomia#:~:text=N%C3%A3o%20se%20tem%20uma%20estimativa,produ%C3%A7%C3%A3o%20de%2075%20mil%20toneladas..>

ROCHA, I.; DUARTE, I.; MA, Y.; SOUZA-ALONSO, P.; LÁTR, A.; VOSÁTKA, M.; FREITAS, H.; OLIVEIRA, R. S. Seed coating with arbuscular mycorrhizal fungi for improved field production of chickpea. *Agronomy*, v. 9, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy9080471>.

SÁNCHEZ-CAÑIZARES, C.; JORRÍN, B.; POOLE, P. S.; TKACZ, A. Understanding the holobiont: the interdependence of plants and their microbiome. *Current Opinion in Microbiology*, v. 38, p. 188–196, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.07.001>.

SANTOS, A. F.; CORRÊA, B. O.; KLEIN, J.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, L. C.; GUIMARÃES, V. F.; FERREIRA, M. B. Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, 2021.

SANTOS, L. F.; CAZOTTI, M. M. Sobre os diferentes micro-organismos do solo - Impacto do glifosato. *Duc Altum - Cad. Direito*, v. 15, p. 27–38, 2016.

SAYED, A. S.; ABDEL-KADER, A. A.; KHALIL, S. E. Response of three sweet basil cultivars to inoculation with *Bacillus subtilis* and arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress conditions. *Nature and Science*, v. 9, n. 6, p. 93-111, 2011.

SOUSA, I. M.; NASCENTE, A. S.; FILIPPI, M. C. C. Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n. 2, p. 140-145, 2019.

TALLAPRAGADA, P.; DIKSHIT, R.; SESHAGIRI, S. Isolation and optimization of IAA producing *Burkholderia seminalis* and its effect on seedlings of tomato. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, v. 37, p. 553–559, 2015.

TONISSI, R. H.; GOES, B. *Técnicas laboratoriais na análise de alimentos*. Dourados, MS: Ed. UFGD, 2010.

TURAN, M.; EKINCI, M.; YILDIRIM, E.; GÜNEŞ, A.; KARAGÖZ, K.; KOTAN, R.; DURSUN, A. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v. 38, n. 3, p. 327-333, 2014.

VANLAERE, E.; LIPUMA, J. J.; BALDWIN, A.; HENRIQUE, D.; DE BRANDT, E.; MAHHENTHIRALINGAM, E.; SPEERT, D.; DOWSON, C.; VANDAMME, P. *Burkholderia latens* sp. nov.; *Burkholderia diffusa* sp. nov.; *Burkholderia arboris* sp. nov.; *Burkholderia seminalis* sp. nov.; *Burkholderia metálica* sp. nov.: nova espécie dentro do complexo *Burkholderia cepacia*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 58, p. 1580-1590, 2008.

WANG, X. Q.; ZHAO, D. L.; SHEN, L. L.; JING, C. L.; ZHANG, C. S. Application and mechanisms of *Bacillus subtilis* in biological control of plant disease. In: MEENA, V. (ed.). *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*. Singapore: Springer, 2018.