REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

SELEÇÃO DE BACTÉRIAS NO CONTROLE *in vitro* DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

SELECTION OF BACTERIA FOR *in vitro* CONTROL OF *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

SELECCIÓN DE BACTERIAS PARA EL CONTROL *in vitro* DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*

Isabela Oliveira Santos
Mestre em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
E-mail: isabelasantos2202@gmail.com

Regina Cássia Ferreira Ribeiro
Doutora em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
E-mail: regina.ribeiro@unimontes.br

Maria Josiane Martins
Doutora em Produção Vegetal no Semiárido, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
E-mail: josianemartins102012@hotmail.com

Adelica Aparecida Xavier
Doutoraem Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: adelica@unimontes.br

Arianna Menezes de Santana
Mestre em Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Email: ariannasmenezes@gmail.com

Lorena Gracielly de Almeida Souza
Mestre em Fitopatologia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: lorenagraciellly2@gmail.com

Izabela Antunes Mendes
Mestranda em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: izabela.antunesm@gmail.com

Dayane Isabelle Chaves Neves
Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
Email: dayisabellechaves@gmail.com

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

Resumo

O feijão comum é uma leguminosa de grande importância e a murcha de Fusarium é uma das doenças mais limitantes do feijoeiro. A busca por métodos de controle alternativo contribui para mitigar os danos e prejuízos aos produtores. As bactérias benéficas como as endofíticas e rizobactérias vem sendo relatadas na literatura com efeitos fungitóxicos. Diante disso, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes isolados de bactérias endofíticas e rizobactérias no controle de Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli in vitro através do teste de pareamento. O teste foi realizado por meio de cultura pareada. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com 41 tratamentos (quarenta isolados bacterianos e uma testemunha) e 3 repetições. Todos isolados reduziram área da colônia, a maior redução foi encontrada no isolado RZ48 (79,56%). A germinação de F. oxysporum f. sp. phaseoli foi inibida por 85% dos isolados bacterianos. Os isolados EB-24, RZ66 e EB-26 inibiram em mais de 76% a esporulação do fungo. Os isolados bacterianos avaliados apresentaram potencial antagônico contra F. oxysporum f. sp. phaseoli, reduzindo o crescimento micelial, a germinação e a esporulação do patógeno.

Palavras-chave: Murcha de fusarium; Controle biológico; Cultura pareada; Feijão.

Abstract

Common bean is a legume of great importance, and Fusarium wilt is one of the most limiting diseases of the bean plant. The search for alternative control methods contributes to mitigating damage and losses to producers. Beneficial bacteria such as endophytes and rhizobacteria have been reported in the literature with fungitoxic effects. Therefore, the objective was to evaluate the efficiency of different isolates of endophytic bacteria and rhizobacteria in the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli in vitro* through a pairing test. The test was performed using paired culture. The experiment was set up in a completely randomized design with 41 treatments (forty bacterial isolates and one control) and 3 replicates. All isolates reduced colony area, with the greatest reduction found in isolate RZ48 (79.56%). The germination of F. oxysporum f. sp. phaseoli was inhibited by 85% of the bacterial isolates. Isolates EB-24, RZ66, and EB-26 inhibited fungal sporulation by more than 76%. The bacterial isolates evaluated showed antagonistic potential against *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, reducing mycelial growth, germination, and sporulation of the pathogen.

Keywords: Fusarium wilt; Biological control; Dual culture assay; Beans.

Resumen

El frijol común es una leguminosa de gran importancia, y la marchitez por Fusarium es una de las enfermedades más limitantes del cultivo. La búsqueda de métodos de control alternativos contribuye a mitigar los daños y las pérdidas de los productores. Se han reportado en la literatura bacterias beneficiosas, como endófitos y rizobacterias, con efectos fungitóxicos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de diferentes aislamientos de bacterias endófitas y rizobacterias en el control in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* a través de una prueba pareada. La prueba se realizó utilizando cultivos pareados. El experimento se llevó a cabo en un diseño completamente aleatorizado con 41 tratamientos (cuarenta aislamientos bacterianos y un control) y 3 réplicas. Todos los aislamientos redujeron el área de colonia, con la mayor reducción observada en el aislamiento RZ48 (79.56%). La germinación de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* fue inhibida por el 85% de los aislamientos bacterianos. Los aislados EB-24, RZ66 y EB-26 inhibieron la esporulación fúngica en más del 76 %. Los aislados bacterianos demostraron potencial antagónico contra *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, reduciendo el crecimiento micelial, la germinación y la esporulación del patógeno.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

Palabras clave: Marchitez por Fusarium; Control biológico; Cultivo intercalado; Frijoles.

1. Introdução

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais importante para o consumo humano e é considerado como alimento básico em muitas regiões da América do Sul e da África (Reinprecht *et al*., 2020). A produtividade média é de 1659 kg ha-1, porém essa produtividade poderia ser ainda maior se não fossem os inúmeros problemas que acometem a cultura do feijão (Sasseron *et al*., 2020).

A murcha de Fusarium é um dos principais problemas que ocorrem no feijoeiro no mundo. A doença é causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli,* o fungo penetra pelo sistema radicular e colonizam os vasos do xilema culminando com os sintomas de murcha, amarelecimento das folhas, nanismo, coloração enegrecida dos feixes vasculares, em casos mais severos, ocorre a morte das plantas (Batista *et al*., 2017).

Para controlar essa doença pode se realizar o tratamento de sementes com fungicidas químicos e biológicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e a aplicação de produtos de base biológica. Atualmente, existe um produto biológico a base de *Bacillus subtilis* + *Bacillus velezensis* registrado para o controle biológico de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Agrofit, 2023), entretanto, a utilização ou combinação de microrganismos com diferentes especificidades de ação podem contribuir para reduzir a população de fitopatógenos no solo e, em microssítios reduzir os danos por eles causados. As bactérias promotoras do crescimento vegetal são capazes de melhorar a fertilidade do solo, a produção agrícola e o controle de pragas e doenças das plantas (Al-Tammar e Khalifa, 2022). Essas bactérias são taxonomicamente diversas e metabolicamente versáteis.

Indiretamente, as bactérias promovem o crescimento de plantas por controlarem os fungos associados a elas por meio de antibiose (Ulloa-Ogaz *et al*., 2015), produção de compostos orgânicos voláteis (Santoro *et al.,* 2015), produção de enzimas líticas como 1,3 β-glucanase e quitinase (Goswami *et al*., 2016) e

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

indução de resistência (Jacob *et al*., 2020). A literatura mostra que existe especificidade de bactérias e fungos como agentes biocontroladores. O registro de produtos biológicos no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é realizado para espécies de fitopatógenos, e no caso de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* existe apenas um produto a base de bactéria.

Ampliar a gama de biocontroladores é de fundamental importância e, diante do potencial que bactérias têm apresentado como agentes de controle biológico, é imprescindível identificar isolados bacterianos que sejam capazes de contribuir para o biocontrole desta doença. Diante disso, objetivou-se selecionar bactérias endofíticas e rizobactérias no controle *in vitro* de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* em teste de cultura pareada.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Montes Claros, campus Janaúba. Utilizou-se o isolado de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*, procedente da Universidade Federal de Lavras e 40 isolados de bactérias entre elas, endofíticas e rizobactérias advindas da micoteca do Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Montes Claros sendo trinta e quatro espécies de *Bacillus*, uma espécie de *Stenotrophomonas* sp., três espécies de *Lysinibacillus*, uma espécie de *Sporolactobacillus* sp. e uma espécie de *Paenibacillus alvei* (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição de 40 isolados de bactérias endofíticas e rizobactérias utilizados no teste *in vitro*.

Isolado	Espécie	GenBank
EB-4	*Bacillus subtilis*	AY741264.1
EB-87	*Bacillus tequilensis*	HM770882.1
EB-58	*Bacillus pumilus*	JN082265.1
EB-38	*Stenotrophomonas* sp.	EU931559.1
EB-COD-2	*Bacillus pumilus*	HQ218993.1
EB-133	*Bacillus amyloliquefaciens*	AB301022.1
EB-80	*Bacillus* sp.	EU972777.1
EB-64	*Bacillus pumilus*	JF271873.1

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

EB-44	*Bacillus amyloliquefaciens*	GU122948.1
EB-49	*Bacillus licheniformis*	EU366371.1
EB-26	*Bacillus methylotrophicus*	HM209756.1
EB-169	*Bacillus pumilus*	FJ189791.1
EB-194	*Bacillus* sp.	FJ405377.1
EB-127	*Sporolactobacillus* sp.	D16282.1
EB-15	*Bacillus pumilus*	GQ917222.1
EB-24	*Bacillus thuringiensis*	JF947357.1
EB-71	*Bacillus* sp.	HM461161.1
EB-25	*Bacillus cereus*	GU451184.1
EB-50	*Bacillus* sp.	HM769816.1
RZ65	*Bacillus amyloliquefaciens*	KJ870199.1
RZ44	*Bacillus pumilus*	JF419325.1
RZ41	*Bacillus amyloliquefaciens*	HM372880.1
RZ43	*Bacillus subtilis*	KJ655538.1
RZ85	*Bacillus subtilis*	EF423590.1
RZ50	*Bacillus pumilus*	KF641839.1
RZ48	*Paenibacillus alvei*	AB377108.1
RZ3	*Lysinibacillus sphaericus*	EU982902.1
RZ42	*Bacillus subtilis*	GQ395245.1
RZ23	*Bacillus tequilensis*	JF411319.1
RZ26	*Bacillus subtilis*	KR010179.1
RZ34	*Bacillus subtilis*	-
RZ22	*Bacillus thuringiensis*	KR010173.1
RZ21	*Lysinibacillus sphaericus*	EU982902.1
RZ5	*Bacillus pumilus*	KF361365.1
RZ66	*Bacillus thuringiensis*	KF971833.1
RZ61	*Bacillus aerophilus*	JN867128.1
RZ71	*Lysinibacillus sphaericus*	FJ174625.1
RZ86	*Bacillus aquimaris*	KF358255.1
RZ51	*Bacillus cereus*	KR071870.1

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

Multiplicação dos microrganismos

O isolado fúngico foi multiplicado em placa de Petri de nove centímetros contendo meio Batata, Dextrose e Ágar (BDA) por dez dias a 25ºC em escuro contínuo. Após dez dias, obtiveram-se discos de 5 mm de diâmetro do fungo que foram utilizados nos testes de pareamento e de produção de compostos voláteis. Os isolados bacterianos foram cultivados em meio Tryptic Soy Agar (TSA) por 48 horas. Após esse período, com o uso de solução salina 0,85% as colônias foram colocadas em suspensão e acondicionadas em potes de vidro. As suspensões bacterianas foral ajustadas em espectrômetro para densidade ótica de 1 de absorbância, no comprimento de onda (λ) 540 nm, calibradas em espectrofotômetro.

Teste de antibiose

O isolado fúngico e os isolados bacterianos foram submetidos ao teste de cultura pareada em placas de Petri de 9 cm diâmetro contendo meio BDA conforme metodologia proposta por Osaktan *et al*. (2015). A uma distância de 1 cm da borda das placas de Petri adicionou-se um disco de 5 mm do isolado fúngico e do lado oposto fez-se uma estria da suspensão bacteriana. As placas foram mantidas em BOD em escuro contínuo a 25ºC por 10 dias quando se avaliou o diâmetro da colônia, de ponta a ponta passando pelo centro da colônia, e os valores foram anotados milímetros. Para análise, os valores de diâmetro foram convertidos em área por meio da fórmula: $A = \pi r2$, por apresentarem formato aproximadamente circular, permitindo uma estimativa padronizada e confiável da superfície ocupada pelo crescimento fúngico. Os esporos do isolado fúngico foram colocados em suspensão por meio do acréscimo de 20 mL de solução de água mais Tween 80 (1 mL/litro-1) a cada placa. Estes foram filtrados em gaze estéril e acondicionados em tubos de ensaio contendo lactofenol. O número de esporos da suspensão foi quantificado em câmara de Neubauer com auxílio de microscópio óptico.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

A germinação dos esporos foi determinada em placas de Petri de 7 cm de diâmetro contendo meio ágar. A esse meio foram adicionados 100 µl da suspensão de esporos do fungo obtida anteriormente antes de aplicar o lactofenol. Essas placas foram incubadas por 12 horas em temperatura ambiente. Após esse período, em microscópio óptico, foram quantificados os 100 primeiros esporos germinados ou não. Considerou-se esporo germinado aquele com tubo germinativo maior ou igual ao comprimento do esporo.

Análise Estatística

O teste foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com 41 tratamentos e três repetições, sendo 40 isolados bacterianos e o tratamento testemunha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para a análise estatística foi utilizado o software “Sisvar” (FERREIRA, 2011). A percentagem de redução dentro de cada variável avaliada foi determinada pela fórmula descrita por Mourão *et al*. (2003).

3. Resultados

Houve diferença estatística para variável resposta área da colônia ($p<0,05$). A partir do teste de Scott-Knott foi observada a formação de seis diferentes grupos (Tabela 2). Todos os isolados utilizados em maior ou menor grau inibiram o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. O tratamento sem a presença da bactéria ficou em grupo isolado. Os isolados RZ48 (*P. alvei*), RZ85 (*B. subtilis*) e RZ65 (*B. amiloquefaciens*) inibiram em 79,56%; 78,14% e 76,47% respectivamente o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. A menor taxa de inibição encontrada foi de 33,01 % por *B. tequilensis*-EB-87. É importante salientar que houve um crescimento menos denso do micélio quando a bactéria se aproximava do fungo em relação ao crescimento da testemunha (Figura 1). O elevado coeficiente de variação (CV) observado para a variável esporulação pode ser

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

atribuído à alta variabilidade biológica inerente ao processo de produção de esporos em fungos.

Houve diferença estatística para a variável resposta esporos germinados ($p<0,05$). A partir do teste de Scott-Knott para esporos germinados observou-se a formação oito diferentes grupos (Tabela 2). Cerca de 85% dos isolados bacterianos inibiram a germinação do fungo. Dos 40 isolados bacterianos utilizados, 47% inibiram mais de 50% da germinação do fungo. Os menores valores de germinação foram encontrados nos isolados B- EB-127 (*Sporolactobacillus* sp), RZ23 (*B. tequilensis*), RZ61 (*B. aerophilus*) e EB-38 (*Stenotrophomonas* sp).

Os isolados EB-24 (*B. thuringiensis*), RZ66 (*B. thuringiensis*) e EB-26 (*B. methylotrophicus*) inibiram a esporulação de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* em 82,18%; 80,17% e 76,69%, respectivamente.

Tabela 2. Área da colônia, esporos germinados e esporos por área de colônia de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* submetido a teste de pareamento com diferentes isolados bacterianos.

Isolado	Área da colônia (cm^2)	Isolado	Esporos germinados	Isolado	Esporos/cm^2
RZ48	8,06 a	EB-127	19,33 a	EB-24	13,8 x10^4 a
RZ85	8,62 a	RZ23	23,00 a	RZ66	15,5 x10^4 a
RZ65	9,27 a	RZ61	26,66 a	EB-26	18,0 x10^4 a
EB-127	11,55 b	EB-38	33,33 a	RZ21	18,5 x10^4 a
RZ3	11,75 b	RZ65	35,00 b	EB-49	19,7 x10^4 a
RZ23	11,96 b	EB-133	36,66 b	EB-71	19,8 x10^4 a
RZ50	13,43 b	RZ48	40,66 b	EB-87	19,8 x10^4 a
EB-64	13,66 b	EB-49	42,66 b	RZ43	21,5 x10^4 a
RZ41	13,89 b	RZ43	42,66 b	EB-04	23,0 x10^4 a
EB-58	14,35 b	RZ41	43,66 b	EB- COD 02	24,8 x10^4 a
RZ22	14,82 c	EB-80	46,66 c	RZ42	21,7 x10^4 a
EB-44	15,90 c	RZ26	46,66 c	RZ44	26,0 x10^4 a
RZ34	16,38 c	EB-64	46,66 c	RZ34	26,0 x10^4 a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

RZ44	16,64 c	EB-50	46,66 c	EB-44	26,8 x10^4 a
EB-15	17,12 c	RZ85	48,66 c	RZ5	28,2 x10^4 a
RZ39	17,36 c	RZ34	49,33 c	EB-50	30,5 x10^4 a
RZ26	17,36 c	RZ22	50,00 c	EB-15	31,5 x10^4 a
EB-38	17,37 c	RZ5	50,00 c	RZ51	33,9 x10^4 a
EB-80	17,38 c	EB-COD 02	50,00 c	EB-64	34,4 x10^4 a
RZ42	17,39 c	RZ3	53,33 c	EB-80	35,1 x10^4 a
EB-194	18.10 c	EB-87	56,66 d	RZ26	35,5 x10^4 a
EB-50	18,63 c	RZ44	58,00 d	RZ41	35,7 x10^4 a
EB-25	18,69 c	EB-169	63,33 d	EB-133	35,9 x10^4 a
EB-133	18,92 c	EB-15	63,33 d	RZ61	35,9 x10^4 a
EB-71	18,92 c	RZ50	65,00 d	RZ71	36,9 x10^4 a
RZ43	20,16 d	EB-58	66,66 d	EB-194	37,8 x10^4 a
RZ71	20,34 d	EB-194	66,66 d	RZ86	38,7 x10^4 a
EB-169	20,45 d	RZ42	69,66 e	EB-169	41,2 x10^4 a
RZ21	21,25 d	RZ39	73,33 e	EB-25	46,2 x10^4 a
RZ51	21,52 d	EB-04	73,33 e	EB-38	48,5x10^4 a
EB-COD 2	21,53 d	EB-44	86,66 f	RZ22	48,6 x10^4 a
EB-26	21,89 d	EB-71	86,66 f	EB-58	54,5 x10^4 a
RZ61	22,08 d	RZ71	91,66 f	RZ39	60,5 x10^4 a
EB-04	22,54 d	EB-26	91,66 f	RZ85	69,8 x10^4 b
RZ66	22,67 d	RZ86	100,00 g	Testemunha	77,3 x10^4 b
EB-49	23,54 e	RZ66	100,00 g	RZ50	85,8 x10^4 b
EB-24	23,84 e	EB-25	100,00 g	RZ48	94,8 x10^4 b
RZ5	25,11 e	EB-24	100,00 g	EB-127	97,9 x10^4 b
RZ86	25,85 e	RZ51	100,00 g	RZ23	102 x10^4 b
EB-87	26,42 e	RZ21	100,00 g	RZ3	110,4 x10^4 b
Testemunha	39,44 f	Testemunha	100,00 g	RZ65	112,0x10^4 b
CV (%)	14,18	CV (%)	10,55	CV (%)	41,57

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Scott-Knott.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

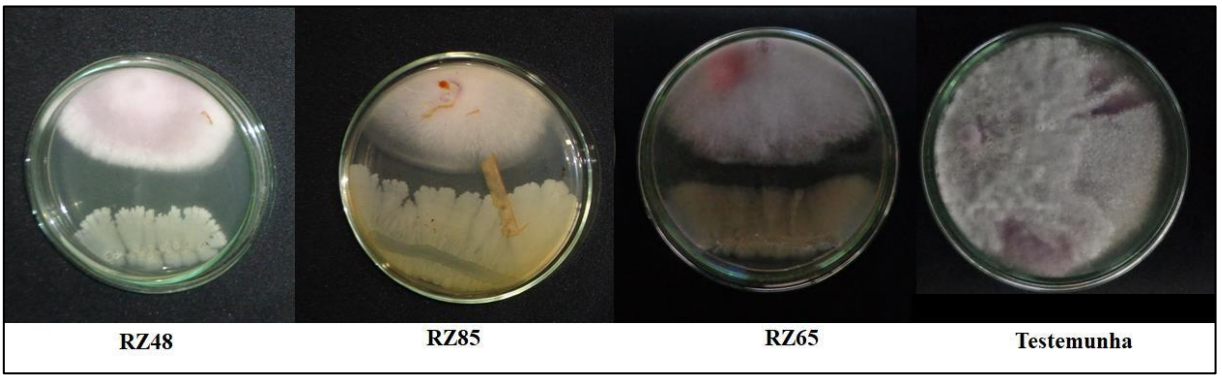

Figura 1. Crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* em função de diferentes isolados bacterianos no teste de pareamento.

4. Discussão

Foi possível observar que os isolados RZ48 de *P. alvei,* RZ85 de *B. subtilis* e RZ65 de *B. amiloquefaciens* inibiram em cerca de 70% o crescimento micelial do fungo. Esse efeito sugere a produção de moléculas biologicamente ativas inibidoras do crescimento fúngico. Tais espécies de bactérias já foram relatadas na literatura produzindo metabólitos antimicrobianos como surfactina, iturina e fengicina (Fatouros *et al*., 2018). As surfactinas interagem facilmente com as bicamadas lipídicas e consequentemente interferem na estrutura da membrana biológica, em altas concentrações causam a completa ruptura e solubilização da bicamada lipídica (Tan *et al*., 2022).

Os microrganismos do solo são considerados importantes e essenciais da qualidade do solo devido às suas atividades cruciais em muitos processos ecossistêmicos (Garbeva *et al*., 2004). A rizosfera tem sido frequentemente explorada como uma excelente fonte de agentes de biocontrole, uma vez que fornecem a linha de frente de microrganismos defensivos para as raízes contra o ataque de patógenos do solo (Santoyo *et al*., 2019). A aplicação de agentes de biocontrole sustentáveis ao meio ambiente é uma maneira natural de controlar patógenos de plantas. Vários estudos foram relatados sobre a supressão de patógenos de plantas em condições *in vitro* usando espécies de *Paenibacillus* e *Bacillus* (Yadav *et al*., 2021).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

Todos os isolados bacterianos inibiram em maior ou menor grau o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*. Como o meio BDA usado para o teste de pareamento é rico em nutrientes, a competição pode ser excluída como modo de ação desses isolados (Landa *et al*., 1997). Os metabólitos antifúngicos produzidos parecem variar entre os isolados bacterianos testados neste estudo. Isso sugere que o micélio fúngico pode ser inibido não apenas pela antibiose, mas também por outros metabólitos antifúngicos, como sideróforos, íons de hidrogênio e produtos gasosos, incluindo etileno, cianeto de hidrogênio e amônia (Saravanan *et al*., 2004).

Dos quarenta isolados avaliados, trinta e quatro inibiram a germinação de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* no teste de pareamento. Em relação ao estudo do mecanismo antimicrobiano, acredita-se que a produção de compostos antifúngicos seja o principal modo de ação das bactérias antagonistas. Além disso, a inibição da esporulação de fungos patogênicos também pode ser observada em algumas cepas de *Bacillus*, *Stenotrophomonas*, *Sporolactobacillus*, *Paenibacillus*, *Lysinibacillus* (Martins *et al*., 2022). A seleção de antagonistas que inibam esporulação do patógeno é fundamental para o biocontrole da doença.

É importante salientar que alguns isolados que se mostraram eficientes no controle de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* no presente trabalho não foram eficientes no controle de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* (Martins *et al*., 2022) o que demonstra a especificidade de bactérias em relação ao fungo a ser controlado e a necessidade de seleção para fungos de uma mesma espécie ao nível de “forma specialis” para a produção de novos produtos biológicos.

A quitina é um constituinte comum da parede celular dos fungos (Brown *et al*., 2019). Os gêneros *Bacillus*, *Stenotrophomonas*, *Sporolactobacillus*, *Paenibacillus*, *Lysinibacillus* produzem um amplo espectro de compostos antimicrobianos incluindo a quitinase que podem degradar essa quitina (Zhao *et al*., 2014; Damasceno *et al*., 2019; Du *et al*., 2021). A parede celular dos fungos fornece funções protetoras e agressivas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

5. Conclusão

Todos os isolados bacterianos reduziram o crescimento micelial *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*. A germinação do fungo *in vitro* foi inibida por 85% dos isolados, sendo que EB-24 e RZ66 destacaram-se por promoverem mais de 76% de redução na esporulação, demonstrando potencial para uso no controle biológico da murcha de Fusarium.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), -Código de Financiamento 001 pela concessão de bolsas de pós-graduação; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro. Ao Ministério da Agricultura Pecuária (Mapa) pelo financiamento do projeto. Ao professor Ludwig Heirinch Pfenning, do Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Lavras, por ceder isolados fúngicos da micoteca.

Referências

AGROFIT (2023). Produto biológico registrado para o controle biológico de *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli.* Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 24 de outubro de 2023.

AL-TAMMAR, F. H.; KHALIFA, A. Y. Z. Plant growth promoting bacteria drive food security. **Brazilian Journal of Biology**, v.82, n.e267257, p.1-11, 2022.

BATISTA, R. O.; SILVA, L. C.; MOURA, L. M.; SOUZA, M. H.; CARNEIRO, P. C. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; CARNEIRO, J. E. S. Inheritance of resistance to fusarium wilt in common bean. **Euphytica**, v.213, n.133, p.1-12, 2017.

BROWN, H.E.; ESHER, S.K.; ALSPAUGH, J.A. Chitin: A “Hidden Figure” in the fungal cell wall. In: LATGÉ, J. P. The fungal cell wall. Current topics in microbiology and immunology. 5ª Ed. Cham: **Springer**, 2019.

DAMASCENO, C. L.; DUARTE, E. A. A.; SANTOS, L. B. P. R. DOS.; OLIVEIRA, T. A. S.; JESUS, A. N. DE.; OLIVEIRA, L. M. DE.; GÓES-NETO, A.; SOARES, A. C. Postharvest biocontrol of anthracnose in bananas by endophytic and soil rhizosphere bacteria associated with sisal (Agave sisalana) in Brazil. **Biological Control**, v.137, p.104016, 2019.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

DU, J.; DUAN, S.; MIAO, J.; ZHAI, M.; CAO, Y. Purification and characterization of chitinase from Paenibacillus sp. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v.11, p.1-11, 2021.

FATOUROS, G.; GHIZI, D.; FRAGKOGEORGI, A.; PAPLOMATAS, E. J.; TJAMOS, S. E. Biological control of *Pythium*, *Rhizoctonia* and *Sclerotinia* in lettuce: association of the plant protective activity of the bacterium Paenibacillus alvei K165 with the induction of systemic resistance. **Plant Pathology**, v.67, p.418-425, 2018.

GARBEVA, P.; VAN VEEN J. A.; VAN ELSAS, J. D. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. Annual **Review of Phytopathology**, v.42, p. 243-270, 2004.

GOSWAMI, D.; THAKKER, J.N.; DHANDHUKIA, P.C. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. **Cogent Food & Agriculture**, v.2, p.1-19, 2016.

JACOB, J.; KRIXHNAN, G. V.; THANKAPPAN, D.; AMMA, K. B. N. S. Endophytic bacterial strains induced systemic resistance in agriculturally important crop plants. **Microbial Endophytes**, p.75-105, 2020.

LANDA, B. B.; HERVAS, A.; BETHIOL, W.; JIMENEZ-DIAZ, D. R. Antagonistic activity of bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. **Phytoparasitica**, v.25, p. 305-318, 1997.

MALVIYA, D.; SAHU, P. K.; SINGH, U. B.; PAUL, S.; GUPTA, A.; GUPTA, A. R.; SINGH, S.; KUMAR, M.; PAUL, D.; RAI, J. P. SINGH, H. V.; BRAHMAPRAKASH, G. P. Lesson from ecotoxicity: revisiting the microbial lipopeptides for the management of emerging diseases for crop protection. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.17, n.4, p.1434, 2020.

MARTINS, M. J.; XAVIER, A. A.; CARDOSO, I. C.; SILVEIRA, D. F.; RIBEIRO, R. C.; PIMENTA, S.; NIETSCHE, S. Autochthonous endophytic bacteria from Musa sp. controls *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* under *in vitro* conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.94, n.3, p.1-14, 2022.

MEENA, K. J.; KANWAR, S. S. Lipopeptides as the antifungal and antibacterial agents: applications in food safety and therapeutics. **BioMed Research International**, v.2015, n.473050, p.1-9, 2015.

NAKKEERAN, S.; VINODKUMAR, S.; RENUKADEVI, P.; RAJAMANICKAM, S.; JOGAIAH, S. Bioactive molecules from Bacillus spp: An effective toll for plant stress management. In: JOGAIAH, S.; ABDELRAHMAN, M. **Bioactive Molecules in Plant Stress Defense**. (Eds) 2019. 267p.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/06/2026 - **Accepted:** 08/07/2026
Vol: 13.15
DOI: 10.66104/j0dedm48
Pages: 1-14

OZAKTAN, H.; CAKIR, B.; GUL, A.; YOLAGELDI, L.; AKKOPRU, A.; FAKHRAEI, D.; AKBABA, M. Isolation and evaluation of endophytic bacteria against Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum infecting cucumber plants. **Austin Journal of Plant Biology**, v.1, n.1, p.1-6, 2015.

REINPRECHT, Y.; SCHRAM, L.; MARSOLAIS, F.; SMITH, T. H.; HILL, B.; PAULS, K. P. Effects of nitrogen application on nitrogen fixation in common bean production. **Frontiers in Plant Science**, v.11, n.1172, p.1-19, 2020.

SANTORO, M.; CAPPELLARI, L.; GIORDANO, W.; BANCHIO, E. Production of volatile organic compounds in PGPR. In: CASSÁN, F.; OKON, Y.; CREUS, C. Handbook for Azospirillum. (Ed). Cham: **Springer**, 2015.

SANTOYO, G.; MORENO-HAGELSIEB, G.; OROZCO-MOSQUEDA, M.D.C.; GLICK, B.R. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological Research**, v.183, p.92– 99, 2016.

SANTOYO, G.; SÁNCHEZ-YÁÑEZ, J.M.; DE LOS SANTOS-VILLALOBOS, S. Methods for Detecting Biocontrol and Plant Growth-Promoting Traits in Rhizobacteria. In: Reinhardt, D., Sharma, A. Methods in Rhizosphere Biology Research. **Rhizosphere Biology**. (Ed) Springer, Singapore, p.133-149, 2019.

SARAVANAN, T.; MUTHUSAMI, M.; MARIMUTHU, T. Effect of Pseudomonas fluorescens on fusarium wilt pathogen in banana rhizosphere. **Journal of Biological Sciences**, v.4, p.192-198, 2004.

SASSERON, G. R.; REIS, L. L. B.; PERSEGUINI, J. M. K. C.; PAULINO, J. F. C.; BAJAY, M. M.; CARBONELL, S. A. M.; CHIORATO, A. F. Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli genetic variability assessed by new developed microsatellites. **Genetics and Molecular Biology**, v.43, n.2, p.e20190267, 2020.

TAN, S. W.; JEON, JEON, W. Y.; YOON, B. K.; JACKMAN, J. A. Mechanistic evaluation of antimicrobial lipid interactions with tethered lipid bilayers by electrochemical impedance spectroscopy. **Sensors**, v.22, n.3712, p.1-14, 2022.

ULLOA-OGAZ, A.L.; MUNOZ-CASTELLANOS, L.N.; NEVAREZ-MOORILLON, G.V. Biocontrol of phytopathogens: Antibiotic production as mechanism of control, the battle against microbial pathogens. In: VILAS, A. M. Basic Science, **Technological advance and educational programs** 1. Ed. 2015. 340p.

ZHAO, Y.; SELVARAJ, N. J.; XING, F.; ZHOU, L.; WANG, Y.; SONG, H.; TAN, X.; SUN, L.; SANGARE, L.; FOLLY, Y. M. E.; LIU, Y. Antagonistic Action of Bacillus subtilis strain SG6 on Fusarium graminearum. **PLoS ONE**, v.9, n.3, p. e92486, 2014.