

**MARIA GABRIELA GOMES DE LIMA**

**BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS NO CONTROLE DE *Alternaria* sp.**

**São Cristóvão – SE**

**Janeiro - 2026**




UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

## BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS NO CONTROLE DE *Alternaria* sp.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Agrônômica – Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

**APROVADO em: 21/01/2026**


**ORIENTADO: Maria Gabriela Gomes de Lima**

Documento assinado digitalmente  
 REGINA HELENA MARINO  
Data: 27/01/2026 17:31:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---


**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Helena Marino**

**(Orientadora)**

Documento assinado digitalmente  
 PEDRO ROBERTO ALMEIDA VIEGAS  
Data: 28/01/2026 10:24:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Pedro Roberto A. Viégas**  
**(Banca examinadora)**

Documento assinado digitalmente  
 MARCOS CABRAL DE VASCONCELLOS BARRETT  
Data: 29/01/2026 10:01:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Marcos Cabral de V. Barretto**  
**(Banca examinadora)**

*A Deus, em primeiro lugar, e a minha família, que  
tornaram esta jornada possível e repleta de amor, apoio,  
incentivo e carinho.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me ajudado até aqui e por ter sido meu alicerce perante as adversidades, tanto nos momentos difíceis quanto nos momentos felizes. Agradeço a Nossa Senhora Aparecida pelas muitas graças alcançadas durante esta etapa da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Ronaldo e Ivelize, que, mesmo de longe, sempre se fizeram presentes e, apesar das dificuldades, nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Eu amo vocês.

Aos meus avós, Izidro e Maria Santa, por cada oração, incentivo e mensagem de carinho. Aos meus irmãos, Joana, Rafaela e Victor, pelas risadas que muitas vezes me fizeram esquecer as preocupações.

Às minhas amigas e irmãs da universidade, e agora, da vida, Priscila Santos, Lorena Hellem e Amanda Matos, pelos dias de conversa, noites em claro, trabalhos e estudos em grupo, e todo apoio e parceria. Obrigada por se tornarem minha família e me acolherem tão bem, dando forças para que chegássemos até aqui juntas.

Agradeço a Gustavo Muñoz, por todo amor, paciência, parceria, incentivo e, principalmente, presença. Obrigada por estar ao meu lado quando mais precisei, independente da distância. Obrigada também por acreditar em mim quando eu mesma duvidei e por celebrar comigo minhas conquistas.

Aos meus amigos que me acompanharam durante estes anos: Vinicius, Felipe, Maria Guiomar, Soenne, Larissa, Ryan, João e Marcos, pelos momentos de risadas e conversas que faziam o peso da rotina sumir. As minhas amigas Anne Katarine, Maria Clara, Maria Vitória, Marina Clara e Maria Eduarda, por me acompanharem durante toda minha vida.

Agradeço à professora Regina Helena Marino pela orientação, paciência e disponibilidade para me orientar no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também pelos conselhos, conversas e palavras de incentivo.

Aos professores Marcos Cabral, Pedro Viegas e Maria Aparecida, agradeço pelas contribuições acadêmicas e pela dedicação na avaliação deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTAS DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTAS DE TABELAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Alface.....	10
2.2 Doenças foliares.....	10
2.3 <i>Alternaria</i> sp.....	10
2.4 Métodos de controle.....	11
2.5 Microrganismos endofíticos.....	11
<b>3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....</b>	<b>13</b>
3.1 Multiplicação do isolado fitopatogênico.....	13
3.2 Teste de germinação das sementes de alface.....	13
3.3 Isolamento das bactérias endofíticas de plântulas de alface.....	14
3.4 Seleção preliminar das bactérias endofíticas antagonistas a <i>Alternaria</i> sp.....	15
3.4.1 Inoculante bacteriano.....	15
3.4.2 Teste de antagonismo das bactérias endofíticas contra <i>Alternaria</i> sp.....	15
3.5 Inibição do crescimento micelial de <i>Alternaria</i> sp. por bactérias endofíticas.....	16
3.6 Resultados observados.....	17
3.6.1 Teste de germinação das sementes de alface.....	17
3.6.2 Isolamento das bactérias endofíticas de plântulas de alface.....	17
3.6.3 Seleção preliminar das bactérias endofíticas antagonistas a <i>Alternaria</i> sp.....	18
3.6.4 Inibição do crescimento micelial de <i>Alternaria</i> sp. por bactérias endofíticas.....	20
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>29</b>

## LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquema do processo de desinfestação superficial das sementes de alface 13
- Figura 2 – Esquema do processo de isolamento de bactérias endofíticas de plântulas de alface  
. 14
- Figura 3 – Esquema da diluição em série para isolamento das culturas bacterianas por cultivar de alface  
15
- Figura 4 – Esquema da distribuição dos isolados bacterianos e do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. no teste de antagonismo 16
- Figura 5 – Ação antagonista dos isolados bacterianos endofíticos no crescimento micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. após oito dias de cultivo.  
21

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Alteração do formato (ALT-FORM) do crescimento micelial do fungo fitopatogênico ALT23 (*Alternaria* sp.) na presença de isolados bacterianos endofíticos das cultivares de alface ‘Brava’ e ‘Creta’, após cinco dias de cultivo

19

Tabela 2 – Isolados bacterianos endofíticos obtidos de plântulas das cultivares ‘Brava’ e ‘Creta’ de alface e selecionados para avaliação da inibição do crescimento micelial do fungo fitopatogênico ALT23 de *Alternaria* sp.

20

Tabela 3 - Alteração do formato do crescimento micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. frente aos isolados das bactérias endofíticas selecionadas, após dois dias da inoculação

21

Tabela 4 - Diâmetro micelial (DM, cm) e porcentagem de inibição do diâmetro micelial (PIC-DM, %) do fungo fitopatogênico ALT23 (*Alternaria* sp.) na presença de bactérias endofíticas isoladas das cultivares de alface Brava e Creta no 5º e 8º dia de cultivo

22

Tabela 5 – Velocidade de crescimento micelial (VM, cm.dia-1) e porcentagem de inibição da velocidade de crescimento micelial (PI-VM, %) do fungo fitopatogênico ALT23 (*Alternaria* sp.) na presença de bactérias endofíticas isoladas das cultivares de alface Brava e Creta no 5º e 8º dia de cultivo

23

## RESUMO

As bactérias endofíticas apresentam potencial para o controle de doenças, o que contribui para a melhoria da sanidade das plantas e redução da utilização de insumos químicos. O objetivo deste estudo foi isolar e avaliar a capacidade antagonista das bactérias endofíticas contra a *Alternaria sp.*. As atividades desenvolvidas envolveram o isolamento de bactérias endofíticas de plântulas de alface, testes de germinação, bioensaios para avaliar a interação dessas bactérias com o fungo e a interpretação destes resultados. Os resultados demonstraram que as bactérias endofíticas apresentaram uma redução significativa no crescimento micelial do fungo *Alternaria sp.*. Dessa forma, as bactérias endofíticas presentes naturalmente nas plantas podem desempenhar papel crucial no controle de fitopatógenos, o que pode contribuir para a sanidade das plantas de forma sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle biológico; Fungo fitopatogênico; *Lactuca sativa* L.

## 1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos são seres vivos microscópicos que ocupam um importante papel na agricultura, pois atuam na dinâmica do solo, na sanidade da planta e promovem a sustentabilidade. Dentre eles, estão presentes as bactérias, seres unicelulares que são capazes de viver em diversos ambientes. Na natureza, as bactérias têm sido associadas às doenças, também existem as que são benéficas às plantas, através da promoção de crescimento, fixação biológica, controle biológico e na indução de resistência contra fitopatógenos.

Dentre as bactérias benéficas, as endofíticas, se destacam por colonizar o interior dos tecidos vegetais sem causar danos ao hospedeiro. Além de conferir vantagem competitiva ao endófito, por estar protegido de possíveis adversidades externas, este consegue interagir de maneira intrínseca com a planta através da produção de metabólitos antagonistas e da competição por espaço e nutrientes.

Do ponto de vista prático, produtores e fabricantes de sementes ainda desconhecem seu potencial, o que limita a adoção dessas práticas agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de microrganismos endofíticos isolados de plântulas de alface como agente de controle biológico, avaliando sua capacidade de inibição do crescimento de *Alternaria* sp.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça de ciclo anual pertencente à família Asteraceae (HENZ e SUINAGA, 2009). Esta olerícola possui propriedades antioxidantes e farmacêuticas, o que a torna relevante tanto para saúde humana quanto para economia (LAL *et al.*, 2024). De acordo com o levantamento realizado por Marjotta-Maistro *et al.* (2021), no período de 2016 a 2020, foram comercializadas cerca de 461 mil toneladas de alface no Brasil, com destaque para as regiões Sudeste, Sul e Nordeste, respectivamente.

### 2.2 Doenças foliares

As hortaliças destinam-se ao consumo direto da população, por isso, os fitopatógenos causadores de doenças foliares representam um grande desafio para a cultura, pois ao colonizarem a planta, podem inviabilizar seu consumo e dificultar a comercialização (ROCHA e MARTINS, 2025).

As doenças fúngicas que se destacam na cultura da alface são a mancha de *Alternaria*, a mancha de *Cercospora*, o míldio e a septoriose, as quais podem ser favorecidas por alta umidade e irrigação por aspersão (LOPES *et al.*, 2010). Dentre essas, a alternariose é a mais comum e é caracterizada por lesões necróticas circulares que reduzem a área foliar, afetando diretamente a taxa fotossintética e prejudicando o vigor da planta (TÖFOLI e DOMINGUES, 2004).

### 2.3 *Alternaria* sp.

O gênero *Alternaria* sp. abrange uma diversidade de fungos fitopatogênicos e generalistas que causam lesões necróticas em diversas culturas, além de produzirem micotoxinas (ANDRADE *et al.*, 2018).

As micotoxinas são metabólitos secundários, como o alternariol (AOH), o éter monometílico de alternariol (AME) e o altenueno (ALT), que apresentam atividades citotóxicas e mutagênicas, capazes de contaminar alimentos e oferecer riscos à saúde humana e de outros animais (SALEEM e EL-SHAHIR, 2022; WANG *et al.*, 2022).

As espécies mais comuns do fungo *Alternaria* são: *A. alternata*, *A. brassicae*, *A. brassicicola* e *A. panax*. Estas espécies são capazes de atacar diversas culturas, como alface, tomate, tangerina, morango, pêra japonesa, limão áspero, maçã, tabaco, girassol e espécies de brássicas, o que causa danos significativos devido a ocorrência de manchas foliares e prejuízos na qualidade dos frutos e folhas (MEENA e SAMAL, 2019; LIMA *et al.*, 2020).

## 2.4 Métodos de controle

Dentre os métodos de controle, o uso de produtos químicos tornou-se uma prática comum na agricultura, com o intuito de evitar perdas econômicas. Segundo Cassal *et al.* (2014), o Brasil é um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxico e seu uso inadequado em hortaliças agrava um sério problema de saúde pública.

A exposição a agrotóxicos está associada a intoxicações e a efeitos crônicos como problemas no sistema nervoso e câncer, o que afeta os trabalhadores rurais por meio do contato direto com os consumidores, através de resíduos detectados em alimentos. Além disso, a falta de fiscalização e o uso inadequado desses produtos químicos colocam em risco a saúde humana e a biodiversidade (CITTA e PANDOLFI, 2018).

Diante disso, o emprego de agentes biológicos como bactérias do gênero *Bacillus*, que reduzem a incidência de patógenos tem sido utilizado como uma forma alternativa para diminuição do uso de químicos e para a melhoria da qualidade da produção (COLARICCIO e CHAVES, 2017).

## 2.5 Microrganismos endofíticos

Os microrganismos endofíticos são aqueles que colonizam o interior da planta e estabelecem uma relação mutualística, na qual a planta fornece os nutrientes necessários para a sobrevivência da microbiota, que, por sua vez, pode promover o crescimento vegetal, induzir resistência ao estresse e inibir o crescimento de organismos fitopatogênicos (EID *et al.*, 2021).

Ferreira *et al.* (2024) observaram que duas cepas da bactéria *Klebsiella pneumoniae* obtidas da mandioca inibiram o crescimento do patógeno responsável pela queima bacteriana da mandioca, o *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis*, por estimular a defesa natural da planta contra patógeno através da resistência sistêmica induzida (SIR). Esse processo ocorre a partir da ativação dos mecanismos de defesa e promovem a produção de fitohormônios, como o ácido jasmônico e o etileno, para proteção contra o patógeno (REZENDE *et al.*, 2021).

O estudo de Silva *et al.* (2008) demonstrou a eficácia de isolados de *Bacillus pumilus* e *Paenibacillus macerans* no controle de *Pseudomonas syringae* pv *tomato*, agente causal da pinta bacteriana em tomateiro, que promoveram a redução significativa da severidade da doença e estimularam o crescimento das plantas. De acordo com Oliveira *et al.* (2025), essa promoção do crescimento possui relação direta com a produção do ácido indolacético (AIA), um fitormônio essencial para a alongação celular e o desenvolvimento radicular, além da

produção de sideróforos, que ajudam a planta a obter ferro disponível no solo e a combater patógenos ao competir com eles pela fonte de ferro.

Na literatura, não foram encontrados trabalhos que investigam a presença de endófitos que possam controlar o fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. da própria planta de interesse econômico e adaptados às condições de cultivo na região do Nordeste do país.

### 3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades descritas a seguir foram desenvolvidas no Laboratório de Microbiologia Agrícola, no Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA), Campus São Cristóvão.

#### 3.1 Multiplicação do isolado fitopatogênico

O isolado fitopatogênico de *Alternaria* sp. ALT 23 foi obtido a partir de fragmentos de tomate contendo micélio e esporos de *Alternaria* sp. e cultivado em meio de cultura comercial Batata-Dextrose-Ágar (BDA, 39 g·L<sup>-1</sup>) em placas de Petri.

A incubação ocorreu a 28 ± 1 °C, fotoperíodo de 8 h luz, durante sete dias.

#### 3.2 Teste de germinação das sementes de alface

As cultivares de alface utilizadas para a obtenção dos isolados microbianos foram ‘Brava’ (tipo ‘Mimososa’), caracterizada pela resistência a altas temperaturas, e ‘Creta’, tolerante ao *Vírus do Mosaico da Alface*. As cultivares selecionadas não apresentam resistência ao fungo *Alternaria* sp., cujas sementes sem tratamento químico utilizadas foram produzidas pela empresa Isla Sementes Ltda (ISLA, 2023).

No teste de germinação foram selecionadas ao acaso 50 sementes de cada cultivar e realizada a desinfecção superficial pela imersão em álcool 70%, hipoclorito de sódio 0,2% e a tríplice lavagem em água destilada, por 1 min em cada solução, com o auxílio de uma peneira para imergir as sementes simultaneamente (Figura 1).

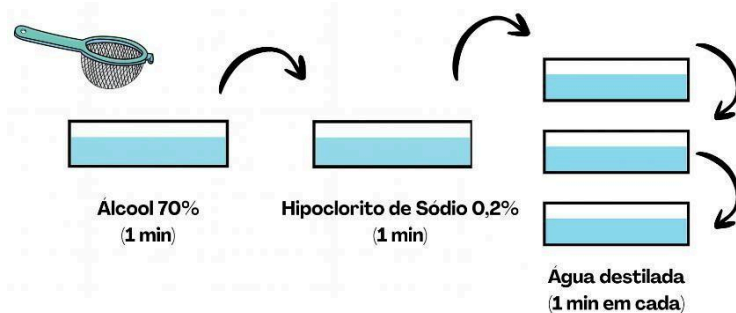


Figura 1 – Esquema do processo de desinfestação superficial das sementes de alface

Em seguida, as sementes desinfestadas foram distribuídas em caixas Gerbox contendo papel de filtro autoclavado e umedecido com água destilada em duas repetições de 25 sementes/cultivar. A incubação foi realizada em incubadora tipo BOD a  $28 \pm 1$  °C, com fotoperíodo de 8 h de luz durante cinco dias. No 2º dia foram adicionados 5 ml de água destilada autoclavada, por repetição.

### 3.3 Isolamento das bactérias endofíticas de plântulas de alface

As bactérias foram obtidas a partir da retirada de quatro fragmentos das plântulas mais desenvolvidas e acondicionados em placas de Petri contendo meio BDA (Figura 2).

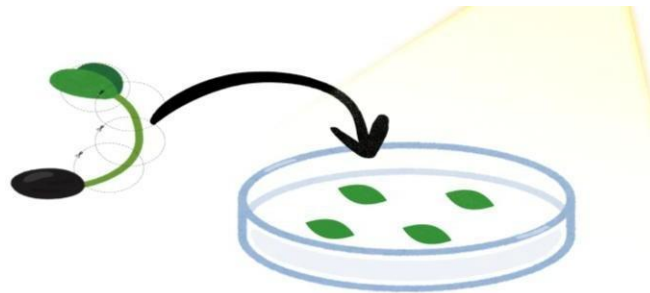


Figura 2 – Esquema do processo de isolamento de bactérias endofíticas de plântulas de alface

Foram realizadas três repetições/cultivar. A incubação foi realizada em BOD a  $28 \pm 1$  °C, com fotoperíodo de 8 h de luz.

Após os 5 dias, foi realizada a diluição em série das colônias bacterianas observadas por cultivar de alface até  $10^{-3}$ , com o intuito de purificar as culturas bacterianas. Para isso, um disco de meio de cultura com a colônia bacteriana foi transferido para um tubo de ensaio contendo 10 mL de água destilada e agitado com auxílio do Vortex. Em seguida, foi retirado 1 mL do conteúdo com o auxílio de uma pipeta e transferido para tubos de ensaio com 9 mL de água destilada autoclavada (diluição de  $10^{-1}$ ) e agitado novamente. Em seguida, 1 mL desta solução foi transferida para placas de Petri contendo meio BDA e conservadas em geladeira a 4 °C (Figura 3).

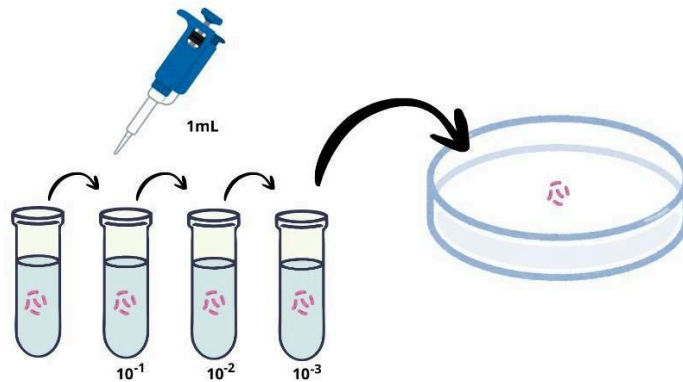


Figura 3 – Esquema da diluição em série para isolamento das culturas bacterianas por cultivar de alface

O número de bactérias foi quantificado e os isolados identificados pelas siglas das cultivares: BR (Brava) e CR (Creta) + número sequencial.

### 3.4 Seleção preliminar das bactérias endofíticas antagonistas a *Alternaria* sp.

Para seleção preliminar bactérias endofíticas da alface, com o intuito de avaliar o potencial antagonista contra o fungo fitopatogênico *Alternaria* sp., foram realizadas as seguintes etapas:

#### 3.4.1 Inoculante bacteriano

O inoculante bacteriano foi obtido pela imersão de disco de papel de filtro umedecidos, previamente autoclavados, na cultura bacteriana.

#### 3.4.2 Teste de antagonismo das bactérias endofíticas contra *Alternaria* sp.

No teste de antagonismo foram transferidos quatro discos do inoculante bacteriano para placas de Petri contendo meio BDA, ao redor de um disco de 6 mm de diâmetro do meio BDA colonizado pelo isolado ALT23 do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. No tratamento da testemunha foi utilizado apenas um disco micelial do ALT23, sem o inoculante bacteriano (Figura 4).

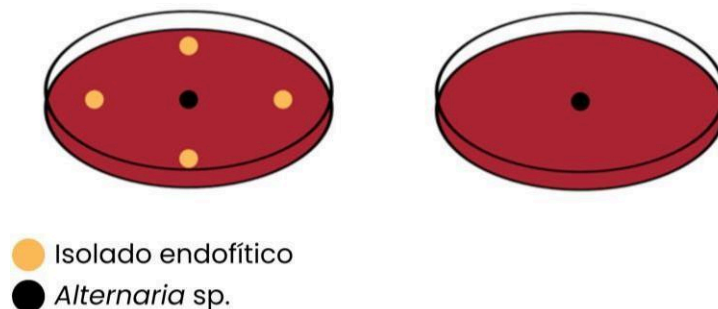


Figura 4 – Esquema da distribuição dos isolados bacterianos e do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. no teste de antagonismo

As placas foram incubadas em BOD, mantida a  $28 \pm 1$  °C com fotoperíodo controlado de 8 h de luz/dia durante 5 dias.

Foram analisados a coloração do micélio do fungo ALT23 e a intensidade da alteração do formato de crescimento micelial pelo critério: (+): altera e inibe o crescimento e (-) não altera e não inibe o crescimento.

As bactérias endofíticas selecionadas que inibiram o crescimento do fungo ALT23 foram BR1, BR3, CR1.1, CR1.2, CR2.3, CR3.1, CR3.2, CR4.0, CR5.3 e CR7.4.

### 3.5 Inibição do crescimento micelial de *Alternaria* sp. por bactérias endofíticas

Para avaliação do potencial antagonista dos isolados endofíticos bacterianos, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial de  $11 \times 2$  (dez isolados bacterianos selecionados (item anterior) e uma testemunha do fungo fitopatogênico ALT23 e dois tempos de avaliação: 5º e 8º dia) com quatro repetições.

Para avaliar o grau de antagonismo dos isolados bacterianos em relação ao crescimento micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp., o bioensaio anterior foi repetido, mas com a transferência dos quatro discos do inoculante bacteriano a uma distância de 2,0 cm do disco micelial de 6 mm de diâmetro do fungo ALT23 em meio BDA. No tratamento testemunha foi cultivado apenas o fungo fitopatogênico ALT23, sem os isolados bacterianos endofíticos (Figura 4).

As placas foram incubadas em câmara de crescimento tipo BOD a  $28 \pm 1$  °C, com fotoperíodo de 8 h de luz e 16 horas de escuro, durante oito dias.

As variáveis analisadas foram a alteração de formato (ALT-FORM), o diâmetro micelial (DM), a velocidade de crescimento micelial (VM) e as porcentagens de inibição tanto do diâmetro (PIC-DM) quanto da velocidade (PIC-VM).

A alteração de formato (ALT-FORM) foi determinada visualmente, de acordo com as deformações e irregularidades no crescimento do fungo em contato com as bactérias, em comparação ao tratamento testemunha (sem inoculante bacteriano).

O diâmetro micelial (DM, cm) foi determinado por meio de duas avaliações do crescimento micelial.

A velocidade de crescimento (VM, cm.dia<sup>-1</sup>) foi calculada pela diferença entre o diâmetro final e inicial e dividida pelo número de dias de incubação.

As porcentagens de inibição (PIC, %) foram determinadas através da comparação dos valores de diâmetro e velocidade obtidos nos tratamentos com bactérias em relação ao tratamento testemunha pela equação:  $PIC = (A - B)/A \times 100$ , em que A = valor médio da variável analisada no tratamento testemunha e B = valor da variável avaliada no tratamento com o inoculante bacteriano.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de análise de variância (ANAVA) e aplicado o teste de Tukey a 5% pelo programa SISVAR.

### **3.6 Resultados observados**

Os resultados obtidos no presente trabalho deram origem a um artigo científico publicado no periódico Ciência e Agrotecnologia, em 2024, intitulado “Endophytic bacteria from lettuce seedlings antagonistic to the phytopathogenic fungus *Alternaria* sp.” (Anexo A) (LIMA *et al.*, 2024).

#### **3.6.1 Teste de germinação das sementes de alface**

A taxa média de germinação das sementes das cultivares de alface ‘Brava’ e ‘Creta’ foi de 83%, valor inferior ao informado pelo fabricante (95,5%), provavelmente devido à podridão das sementes causada pelo fungo *Aspergillus* spp. em ambas cultivares. Esses fungos são típicos de armazenamento e podem comprometer a viabilidade das sementes pois colonizam os tecidos, reduzindo o poder germinativo e afetando o desenvolvimento do embrião (EMBABY *et al.*, 2013).

#### **3.6.2 Isolamento das bactérias endofíticas de plântulas de alface**

Na cultivar ‘Brava’ foram obtidos dois isolados bacterianos (BR1 e BR3) e na cultivar ‘Creta’ 15 isolados bacterianos (CR1.1, CR1.2, CR2.2, CR2.3, CR3.1, CR3.2, CR4.0, CR5.1, CR5.2, CR5.3, CR6.1, CR7.1, CR7.2, CR7.3 e CR7.4).

### 3.6.3 Seleção preliminar das bactérias endofíticas antagonistas a *Alternaria* sp.

No teste de antagonismo preliminar, os isolados endofíticos bacterianos que se destacaram foram BR1, BR3, CR1.1, CR1.2, CR2.3, CR3.1, CR3.2, CR4.0, CR5.3 e CR7.4, pois inibiram crescimento micelial do fungo ALT23 de *Alternaria* sp. (Tabela 1).

Tabela 1 – Alteração do formato (ALT-FORM) do crescimento micelial do fungo fitopatogênico ALT23 (*Alternaria* sp.) na presença de isolados bacterianos endofíticos das cultivares de alface ‘Brava’ e ‘Creta’, após cinco dias de cultivo

Cultivar de alface	Isolado bacteriano	ALT-FORM*
‘Brava’	BR1	++++
	BR3	++++
	CR1.1	++++
‘Creta’	CR1.2	++++
	CR2.2	++++
	CR2.3	++++
	CR3.1	++++
	CR3.2	++++
	CR4.0	++++
	CR5.1	----
	CR5.2	----
	CR5.3	++++
	CR6.1	----
	CR7.1	++++
	CR7.2	++++
	CR7.3	++++
	CR7.4	++++

\*Avaliação subjetiva: (+) = Altera o crescimento micelial do fitopatógeno; (-) ausência de alteração do crescimento micelial do fitopatógeno

Os isolados que se destacaram foram enviados para análise genética e apresentaram alta similaridade com os gêneros *Bacillus* e *Paenibacillus* (Tabela 2).

Tabela 2 – Isolados bacterianos endofíticos obtidos de plântulas das cultivares ‘Brava’ e ‘Creta’ de alface e selecionados para avaliação da inibição do crescimento micelial do fungo fitopatogênico ALT23 de *Alternaria* sp.

Cultivar	Isolado	Espécie	Similaridade (%)
Brava	BR1	<i>Bacillus tequilensis</i> KCTC 13622	99,78
	BR3	<i>Bacillus subtilis</i> NCIB 3610	99,79
Creta	CR1.1	<i>Paenibacillus polymyxa</i> ATCC 842	99,82
	CR1.2	<i>Bacillus tequilensis</i> KCTC 13622	99,48
	CR2.3	<i>Bacillus tequilensis</i> KCTC 13622	99,78
	CR3.1	<i>Bacillus tequilensis</i> KCTC 13622	99,79
	CR3.2	NI	NI
	CR4.0	<i>Bacillus velezensis</i> CR-502	99,62
	CR5.3	<i>Bacillus velezensis</i> CR-502	99,93
	CR7.4	<i>Bacillus siamensis</i> KCTC 13613	99,93

NI – Não identificado

A aplicação de *Paenibacillus polymyxa* em biofertilizantes mostrou-se capaz de melhorar características morfológicas de plantas, como taxa de sobrevivência, altura e peso de bulbos em cultura de rabanete, o que evidencia tanto a promoção de crescimento quanto efeitos positivos na resistência a condições adversas (CARPIO *et al.*, 2025). Além disso, foi constatado que bactérias desse gênero liberam compostos orgânicos voláteis capazes de alterar o formato, inibir o crescimento micelial e reduzir a produção de conídios de fungos (LEÓN *et al.*, 2020).

Hazarika *et al.* (2019) observaram que *Bacillus subtilis* apresentou atividade antifúngica frente a patógenos pertencentes a diferentes grupos taxonômicos, incluindo representantes dos gêneros *Saccharicola*, *Cochliobolus* e *Alternaria*. Segundo Baard *et al.* (2023), cepas de *Bacillus* sp. também apresentaram capacidade de produzir a quitinase, enzima responsável por degradar a quitina, que se trata de um polissacarídeo estrutural fundamental na formação da parede celular de fungos (MOUSSIAN, 2019).

### 3.6.4 Inibição do crescimento micelial de *Alternaria* sp. por bactérias endofíticas

No bioensaio definitivo, os isolados BR1, CR5.3 e CR7.4 destacaram-se por promover alterações mais evidentes no crescimento micelial do fungo ALT23 (Tabela 3).

Tabela 3 - Alteração do formato do crescimento micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. frente aos isolados das bactérias endofíticas selecionadas, após dois dias da inoculação

Cultivar	Tratamento	Alteração do formato
'Brava'	BR1	+++
	BR3	++
'Creta'	CR 1.1	-
	CR 1.2	-
	CR 2.3	+
	CR 3.1	-
	CR 3.2	++
	CR 4.0	+
	CR 5.3	+++
	CR 7.4	+++

Fonte: Lima *et al.* (2024) com modificações

(-) todas as repetições sem alteração do formato do crescimento micelial e (+) presença de alteração do formato do crescimento micélio, por número de repetição

No quinto e no oitavo dia de cultivo, todos os isolados bacterianos reduziram significativamente de 46,2% a 57,0% e 57,3% a 65,3%, respectivamente, no diâmetro micelial do fungo fitopatogênico em comparação ao tratamento testemunha. Verifica-se também que o aumento do tempo de cultivo intensificou a ação inibitória do fungo ALT23 pelos isolados endofíticos, com exceção do isolado CR5.3 (Tabela 4; Figura 5), o que sugere que estes microrganismos possuem atividade antagônica contra o fungo fitopatogênico ALT23, comportamento este que pode ser devido a liberação de compostos antimicrobianos no meio e/ou voláteis, que são capazes de alterar o formato e inibir o crescimento de fungos patogênicos (MIGUEL *et al.*, 2021).

Tabela 4 - Diâmetro micelial (DM, cm) e porcentagem de inibição do diâmetro micelial (PIC-DM, %) do fungo fitopatogênico ALT23 (*Alternaria* sp.) na presença de bactérias endofíticas isoladas das cultivares de alface Brava e Creta no 5º e 8º dia de cultivo

Tratamentos	DM (cm)		PIC-DM (%)	
	5º dia	8º dia	5º dia	8º dia
Testemunha	4,6 aB <sup>a</sup>	6,9 aA		
BR1	2,2 bA	2,5 bA	52,7 aB	63,5 aA
BR3	2,1 bB	2,5 bA	54,1 aB	63,5 aA
CR1.1	2,5 bA	2,8 bA	46,2 aB	59,7 aA
CR1.2	2,4 bA	2,6 bA	48,4 aB	62,2 aA
CR2.3	2,2 bA	2,5 bA	51,6 aB	63,3 aA
CR3.1	2,1 bA	2,5 bA	53,8 aB	64,2 aA
CR3.2	2,1 bA	2,4 bA	54,1 aB	64,6 aA
CR4.0	2,2 bA	2,4 bA	52,7 aB	65,3 aA
CR5.3	2,2 bB	2,9 bA	53,2 aA	57,3 aA
CR7.4	2,0 bB	2,4 bA	57,0 aB	64,6 aA
CV <sup>b</sup>	9,8%		8,4%	

<sup>a</sup> Médias seguidas pela mesma letra (minúscula na coluna, maiúscula na linha) indicam que não há diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade;

<sup>b</sup> Coeficiente de variação

Fonte: Lima *et al.* (2024)

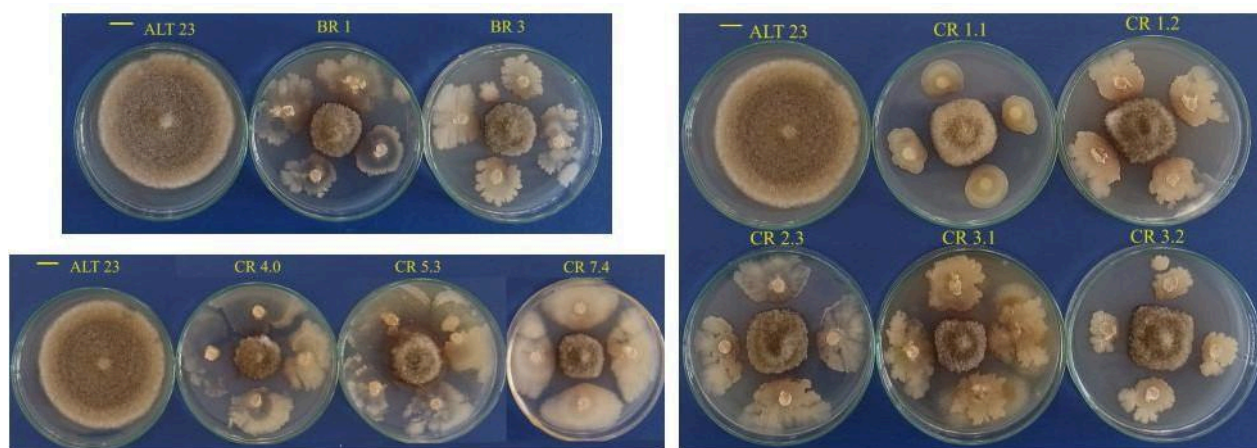


Figura 5 – Ação antagonista dos isolados bacterianos endofíticos no crescimento micelial do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. após oito dias de cultivo.

Fonte: Lima *et al.* (2024)

Na velocidade de crescimento, a porcentagem de inibição variou de 51% a 63% no quinto dia de avaliação e de 65% a 91% no oitavo dia, ou seja, o aumento do período de cultivo resultou na ação antagonista dos isolados bacterianos sobre o isolado ALT23 (Tabela 5).

Tabela 5 – Velocidade de crescimento micelial (VM, cm.dia<sup>-1</sup>) e porcentagem de inibição da velocidade de crescimento micelial (PI-VM, %) do fungo fitopatogênico ALT23 (*Alternaria* sp.) na presença de bactérias endofíticas isoladas das cultivares de alface Brava e Creta no 5º e 8º dia de cultivo

Tratamentos	VM (cm.dia <sup>-1</sup> )		PI-VM (%)	
	5º dia	8º dia	5º dia	8º dia
Testemunha	0,83 aA <sup>a</sup>	0,74 aB	-	-
BR1	0,34 bA	0,10 cB	59,1 aB	86,0 aA
BR3	0,33 bA	0,13 cB	60,6 aB	83,1 aA
CR1.1	0,40 bA	0,09 cB	51,8 aB	87,6 aA
CR1.2	0,38 bA	0,07 cB	54,2 aB	91,0 aA
CR2.3	0,35 bA	0,09 cB	57,9 aB	87,6 aA
CR3.1	0,33 bA	0,11 cB	60,3 aB	86,0 aA
CR3.2	0,33 bA	0,10 cB	60,6 aB	86,5 aA
CR4.0	0,34 bA	0,06 cB	59,1 aB	91,6 aA
CR5.3	0,33 bA	0,25 bB	59,7 aA	65,7 bA
CR7.4	0,30 bA	0,15 cB	63,9 aB	80,3 aA
CV <sup>b</sup>	17,2%		8,8%	

<sup>a</sup> Médias seguidas pela mesma letra (minúscula na coluna, maiúscula na linha) indicam que não há diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade;

<sup>b</sup> Coeficiente de variação

Fonte: Lima *et al.* (2024)

Fernandes *et al.* (2023) observaram em seus estudos que as bactérias endofíticas demonstraram grande potencial antagonista contra fitopatógenos, incluindo o fungo *Bipolaris* sp. De acordo com seus resultados, a taxa de inibição variou de 12 a 77%, com destaque para bactérias do gênero *Bacillus* sp., corroborando os achados do presente estudo.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o potencial das bactérias endofíticas isoladas das cultivares de alface 'Brava' e 'Creta' para o controle biológico do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp.. A presença dessas bactérias demonstrou uma redução significativa no crescimento micelial do fungo, destacando-se no quinto e oitavo dia de cultivo, com uma inibição de até 91% na velocidade de crescimento no último dia de incubação.

O uso de bactérias benéficas traz vantagens significativas para o produtor, pois, ao oferecer proteção natural contra fitopatógenos, reduz a dependência de produtos químicos. Isso não só diminui os custos operacionais, como também contribui para práticas mais sustentáveis.

Esse resultado reforça a importância da microbiologia na agricultura, uma área que se torna cada vez mais relevante devido à busca por estratégias de manejo mais sustentáveis. A realização deste trabalho contribuiu de forma significativa para a formação profissional, pois proporcionou experiência prática em atividades laboratoriais, isolamento e avaliação de microrganismos, além da compreensão da pesquisa aplicada no contexto agrônomo.

## 5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. P. J.; ALVES, T. W. B.; MENEZES, M. E. da S.; LIMA, I. O. *Alternaria* spp. In foods: Mycotoxins, cellular damage and possible health risk. *Periódico Tche Química*, v. 15, n. 30, p. 19-26, ago. 2018. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/326990328\\_Alternaria\\_spp\\_In\\_foods\\_Mycotoxins\\_cellular\\_damage\\_and\\_possible\\_health\\_risk](https://www.researchgate.net/publication/326990328_Alternaria_spp_In_foods_Mycotoxins_cellular_damage_and_possible_health_risk). Acesso em: 20 ago. 2025.
- BAARD, V.; BAKARE, O. O.; DANIEL, A. I.; NKOMO, M.; GOKUL, A.; KEYSTER, M.; KLEIN, A. Biocontrol potential of *Bacillus subtilis* and *Bacillus tequilensis* against four *Fusarium* species. *Pathogens*, Basel, v. 12, n. 2, p. 254, 2023. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/368321359\\_Biocontrol\\_Potential\\_of\\_Bacillus\\_subtilis\\_and\\_Bacillus\\_tequilensis\\_against\\_Four\\_Fusarium\\_Species](https://www.researchgate.net/publication/368321359_Biocontrol_Potential_of_Bacillus_subtilis_and_Bacillus_tequilensis_against_Four_Fusarium_Species). Acesso em: 29 dez. 2025.
- CARPIO, M.; VERA, J.; YUGSAN, F.; GAVIN, C.; BARZALLO, D. Biofertilizer enriched with *Paenibacillus polymyxa* and *Trichoderma sp.* for radish cultivation. *Revista Caatinga*, v. 38, e13759, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v3813759rc>. Acesso em: 04 jan. 2026.
- CASSAL, V. B.; AZEVEDO, L. F.; FERREIRA, R. P.; SILVA, D. G.; SIMÃO, R. S. Agrotóxicos: uma revisão de suas consequências para a saúde pública. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET*, v. 18, n. 1, p. 437-445, abr. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236117012498>. Acesso em: 9 ago. 2025.
- CITTA, A. G.; PANDOLFI, M. A. C. Impactos causados pela contaminação por agrotóxicos em hortaliças. *Research, Society and Development*, v. 14, n. 1, e10314148145, 2018. Disponível em: <https://simtec.fatectq.edu.br/simtec/article/view/289/225>. Acesso em: 9 ago. 2025.
- EID, A. M.; FOU DA, A.; ABDEL-RAHMAN, M. A.; OELMÜLLER, R.; HIJRI, M.; BHOWMIK, A.; SALEM, S. S.; ELKELISH, A.; ELSAIED, A.; HASSAN, S. E. Harnessing bacterial endophytes for promotion of plant growth and biotechnological applications: an overview. *Plants*, v. 10, n. 5, p. 935, 2021. Disponível em:  
<https://doi.org/10.3390/plants10050935>. Acesso em: 9 ago. 2025.

COLARICCIO, A.; CHAVES, A. L. R. Aspectos fitossanitários da cultura da alface. *Boletim Técnico Instituto Biológico*, n. 29, p. 1-126, 2017. Disponível em: [https://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/files/pdf/Boletins/Alface\\_2017/boletim\\_alface.pdf](https://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/files/pdf/Boletins/Alface_2017/boletim_alface.pdf). Acesso em: 20 ago. 2025.

EMBABY, E. M.; REDA, M.; ABDEL-WAHHAB, M. A.; OMARA, H.; MOKABEL, A. M. Occurrence of toxigenic fungi and mycotoxins in some legume seeds. *Journal of Agricultural Technology*, v. 9, n. 1, p. 151-164, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/237081016\\_Occurrence\\_of\\_toxigenic\\_fungi\\_and\\_mycotoxins\\_in\\_some\\_legume\\_seeds](https://www.researchgate.net/publication/237081016_Occurrence_of_toxigenic_fungi_and_mycotoxins_in_some_legume_seeds) Acesso em: 6 jan. 2026.

FERNANDES, A. C. V.; LISBOA, P. H. G.; ANDRADE, P. H. M.; VIGNA, B. B. Z.; CASTRO, S. R. N.; FÁVERO, A. P.; LACAVALA, P. T. Bactérias endofíticas associadas a *Paspalum vaginatum* com potencial para promoção de crescimento vegetal e biocontrole. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 6, n. 2, p. 1071-1089, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n2-010>. Acesso em: 9 jan. 2026.

FERREIRA, S. DA C.; NAKASONE, A. K.; CUNHA, E. F. M.; SERRÃO, C. P.; SOUZA, C. R. B. DE. *Klebsiella* endophytic bacteria control cassava bacterial blight in the eastern Amazon. *Acta Amazônica*, v. 54, n. 1, e54ag23160, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4392202301601>. Acesso em: 10 ago. 2025.

HAZARIKA, D. J.; GOSWAMI, G.t; GAUTOM, T.; PARVEEN, A.; DAS, P.; BAROOAH, M.; BORO, R. C. Lipopeptide mediated biocontrol activity of endophytic *Bacillus subtilis* against fungal phytopathogens. *BMC Microbiology*, Londres, v. 19, p. 71, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/S12866-019-1440-8> Acesso em: 04 jan. 2026.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. *Tipos de alface cultivados no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/783588> Acesso em: 20 ago. 2025.

LAL, B.; BHANDARI, S.; UPADHYAY, A.; SINGH, P.; SINGH, V. P. Lettuce: A dive into its nutritional value and economic significance. *AGBIR*, v. 40, n. 2, p. 954-956, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.35248/0970-1907.24.40.954-956>. Acesso em: 9 ago. 2025.

LEÓN, D. C. S.; GUIO, L. C. C.; HERNÁNDEZ, L. C. Fungicidal activity of volatile organic compounds from *Paenibacillus* bacteria against *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista Colombiana de Química*, v. 49, n. 1, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v1n49.81996>. Acesso em: 8 jan. 2026.

LIMA, C. B. de; BUENO, J. T.; JÚNIOR, J. C. A.; SHINOZAKI, G. A. Ocorrência de microrganismos e sua relação com a qualidade fisiológica de sementes de alface / Occurrence of microorganisms and their relationship with physiological quality of lettuce seeds. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 90053–90067, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/20155>. Acesso em: 14 jan. 2026.

LIMA, M. G. G.; VIANA, M. C. O. A.; MOURA, J. K. F., RIBEIRO, I. D. A.; PASSAGLIA, L. M. P.; BARRETTO, M. C. V.; HOLANDA, F. S. R.; MARINO, R. H. Endophytic bacteria from lettuce seedlings antagonistic to the phytopathogenic fungus *Alternaria* sp.. *Ciência E Agrotecnologia*, 48, e016224, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448016224> Acesso em: 20 dez. 2025.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. Doenças da alface. *Embrapa Hortaliças*, p. 68, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/866064>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; MONTEBELLO, A. E. S.; SANTOS, J. A.; PEDROSO, M. T. M. Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino. In: 59º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, 6º Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo - EBPC, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1137874/1/59-Sober-GT11.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2026.

MEENA, M.; SAMAL, S. *Alternaria* host-specific (HSTs) toxins: An overview of chemical characterization, target sites, regulation and their toxic effects. *Relatórios de Toxicologia*, v. 6, p. 745-758, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.06.021>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MIGUEL, P. S. B.; DELVAUX, J. C.; OLIVEIRA, M. N. V.; MONTEIRO, L. C. P.; COSTA, M. D.; TOTOLA, M. R.; BORGES, A. C. Diversidade de bactérias endofíticas nos frutos de *Coffea canephora*. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 8777-8791, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-595> Acesso em: 9 jan. 2026.

MOUSSIAN, B. Chitin: Structure, Chemistry and Biology. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, v. 1142, p. 5-18, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31102240/>. Acesso em: 29 dez. 2025.

OLIVEIRA, L. C. de; NAKASONE, A. K.; LEMOS, W. de P.; MARINHO, P. S. B.; MARINHO, A. M. do R.; NECHET, K. de L.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SOUZA, J. T. de. Promotion of plant growth and rooting of stem cuttings by endophytic bacteria from black pepper roots. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 60, e03979, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2025.v60.03979>. Acesso em: 9 jan. 2026.

REZENDE, C.C.; SILVA, M.A.; FRASCA, L.L.M.; FARIA, D.R.; FILIPPI, M.C.C.; LANNA, A.C.; NASCENTE, A.S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, e50810212725, 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1136809> Acesso em: 8 jan. 2026.

ROCHA, F. R.; MARTINS, J. A. S. Survey of foliar diseases in vegetables from the teaching Project of IFTM – Campus Uberlândia - MG. *Research, Society and Development*, v. 14, n. 1, e10314148145, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i1.48145>. Acesso em: 10 ago. 2025.

SALEEM, A.; EL-SHAHIR, A. A. Morphological and Molecular Characterization of Some *Alternaria* Species Isolated from Tomato Fruits Concerning Mycotoxin Production and Polyketide Synthase Genes. *Plantas*, v. 11, n. 9, p. 1168, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants11091168>. Acesso em: 10 ago. 2025.

SILVA, J. R. C.; SOUZA, R. M.; ZACARONE, A. B.; SILVA, L. H. C. P.; CASTRO, A. M. S. Bactérias endofíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, agente da pinta bacteriana do tomateiro. *Ciência Agrotecnologia*, v. 32, n. 4, p. 1062-

1072, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400005> Acesso em: 9 jan. 2026.

TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Alternarioses em hortaliças: sintomas, etiologia e manejo integrado. *Biológico*, v. 66, n. 1/2, p. 23–33, 2004. Disponível em: [https://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v66\\_1\\_2/tofoli.pdf](https://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v66_1_2/tofoli.pdf) . Acesso em: 20 ago. 2025.

WANG, E.; GUO, Y.; LUO, Z.; GAO, L.; LI, R.; ZHANG, Y.; KALAJI, H. M.; QIANG, S.; CHEN, S. Recent Advances in *Alternaria* Phytotoxins: A Review of Their Occurrence, Structure, Bioactivity, and Biosynthesis. *Journal of Fungos*, v. 8, n. 2, p. 168, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof8020168>. Acesso em: 10 ago. 2025.

## **6. ANEXOS**

**ANEXO A – PRIMEIRA PÁGINA DO ARTIGO PUBLICADO EM PERIÓDICO  
CIENTÍFICO**

## Endophytic bacteria from lettuce seedlings antagonistic to the phytopathogenic fungus *Alternaria* sp.

### Bactérias endofíticas de plântulas de alface antagonistas ao fungo fitopatogênico *Alternaria* sp.

Maria Gabriela Gomes de Lima<sup>1</sup>, Milena Campos de Oliveira Alencar Viana<sup>1</sup>, Júlia Karoline Ferreira Moura<sup>1</sup>,  
Igor Daniel Alves Ribeiro<sup>2</sup>, Luciene Maria Pereira Passaglia<sup>2</sup>, Marcos Cabral de Vasconcelos Barretto<sup>1</sup>,  
Francisco Sando Rodrigues Holanda<sup>1</sup>, Regina Helena Marino<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

Endophytic microorganisms in lettuce plants have received little attention for their potential biological control of phytopathogens. This study aimed to isolate, identify, and select endophytic bacteria from lettuce seedlings cv. Brevé and Créta, antagonistic to the phytopathogenic fungus *Alternaria* sp. (ALT23) in culture media through direct interaction. The experimental design was completely randomized in an 11 x 2 factorial scheme, with 11 treatments (Control - ALT23 and 10 previously selected bacterial isolates) and two evaluation periods (the 5<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> day after inoculation) with four replications each. The 16S rDNA gene sequences of the isolates revealed a high similarity with *Bacillus* *liquorinis* KCTC 13622, *B. subtilis* NCB 3610, *B. velezensis* CR-502, *B. siamensis* KCTC 13613, and *Pantoea* *polymyxa* ATCC 542. The selected bacterial isolates reduced ALT23 mycelial diameter (48.2-85.3%) and rate (51.2-91.6%). We conclude that endophytic bacterial isolates with antagonistic potential against phytopathogens must be selected after more than five days of cultivation in a culture medium, as longer cultivation times favor endophytic inhibitory activity.

**Index terms:** *Lactuca sativa*; biological control; biofungicide; phytopathogen.

#### RESUMO

Microorganismos endofíticos em plantas de alface têm recebido pouca atenção pelo seu potencial controle biológico de fitopatógenos. Este estudo teve como objetivo isolar, identificar e selecionar bactérias endofíticas de plântulas de alface cv. Brevé e Créta, antagonistas do fungo fitopatogênico *Alternaria* sp. (ALT23) em meio de cultura através de interação direta. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 11 x 2, com 11 tratamentos (Controle - ALT23 e 10 isolados bacterianos previamente selecionados) e dois períodos de avaliação (5<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> dia após a inoculação) com quatro repetições. As sequências do gene 16S rDNA dos isolados revelaram uma alta similaridade com *Bacillus* *liquorinis* KCTC 13622, *B. subtilis* NCB 3610, *B. velezensis* CR-502, *B. siamensis* KCTC 13613 e *Pantoea* *polymyxa* ATCC 542. Os isolados bacterianos selecionados reduziram o diâmetro micelial de ALT23 (48,2-85,3%) e a taxa (51,2-91,6%). Concluímos que isolados bacterianos endofíticos com potencial antagonístico contra fitopatógenos devem ser selecionados após mais de cinco dias de cultivo em meio de cultura, pois tempos de cultivo mais longos favorecem a atividade inibitória do endófito.

**Termos para indexação:** *Lactuca sativa*; controle biológico; biofungicida; fitopatógeno.

#### Agricultural Sciences

Ciência. Agrotec., 48:e016224, 2024  
<http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202448016224>

Editor: Renato Feiva

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe/UFS, Departamento de Engenharia Agrônoma, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, São Cristóvão, SE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Departamento de Genética, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, Porto Alegre, RS, Brasil

Corresponding author: rchmarino@cedom.ufrgs.br

Received in July 23, 2024 and approved in October 7, 2024

## Introduction

Lettuce (*Lactuca sativa* L.), a species from the Asteraceae family capable of adapting to various soil and climatic conditions, is among Brazil's most widely consumed vegetables (Lima et al., 2018). However, the phytopathogenic fungus *Alternaria* sp. can accelerate the emergence of leaf spots by synthesizing phytotoxic substances (Tofoli & Domingues, 2018; Chiozza et al., 2020).

Chemical fungicides have been the most widely used method of controlling phytopathogens in the field. However, their high toxicity and presence of non-biodegradable heavy metals can compromise human health and the environment (Castro et al., 2020). Alternatively, endophytic microorganisms, which colonize plant tissue without causing damage (Azevedo, 1998; Chaturvedi, Sing & Gupta, 2016; Hayashibara et al., 2022), have been used in the biological control of phytopathogens without disrupting the agricultural ecosystem's equilibrium (Silva & Dourado, 2022).

Among endophytes, bacteria from the *Bacillus* and *Pantoea* genera have multiple functions and can play a crucial role in sustainable agriculture. These bacteria can increase the availability of essential elements to plant metabolism, such as