

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* ESPECIALIZAÇÃO EM BIOINSUMOS
IF GOIANO CAMPUS MORRINHOS**

JULIANNA COSTA BERNARDO

**USO DE MICROALGAS E CONSÓRCIOS BACTERIANOS NA INIBIÇÃO DE
FUNGOS FITOPATOGÊNICOS *IN VITRO***

MORRINHOS

2025

JULIANNA COSTA BERNARDO

**USO DE MICROALGAS E CONSÓRCIOS BACTERIANOS NA INIBIÇÃO DE
FUNGOS FITOPATOGÊNICOS *IN VITRO***

Monografia apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós Graduação *latu sensu* em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano como exigência parcial para obtenção do título de Especialista em Bioinsumos.

Orientador: Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho

Co-orientadora: Dra. Simone Silva Vieira

MORRINHOS

2025

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

B523 Costa Bernardo, Julianna
USO DE MICROALGAS E CONSORCIOS BACTERIANOS NA
INIBIÇÃO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS IN VITRO /
Julianna Costa Bernardo. Morrinhos 2025.


22f. il.

Orientador: Prof. Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho.
Coorientadora: Prof^ª. Dra. Simone Silva Vieira.
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0430426 - Especialização em Bioinsumos - Morrinhos (Campus
Morrinhos).
I. Título.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 13 dias do mês de setembro de dois mil e vinte e cinco, às 13 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho (orientador), Prof. Dra Aline Brito Vaz (membro interno), Prof. Msc. Victor Hugo Silva Godoy (membro interno ou externo) e Prof. Dra. Tenille Ribeiro de Souza (membro interno), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado Uso de microalgas e blends de bactérias na inibição de fungos fitopatogênicos in vitro de Julianna Costa Bernardo, estudante do curso de Especialização em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Morrinhos, sob Matrícula no 2024104304260019. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.


Campus Morrinhos, 13 de setembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 ERASMO RIBEIRO DA PAZ FILHO
Data: 21/09/2025 19:04:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)


Erasmo Ribeiro da Paz Filho

Orientador

Documento assinado digitalmente
 ALINE BRITO VAZ
Data: 22/09/2025 09:16:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aline Brito Vaz

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 TENILLE RIBEIRO DE SOUZA
Data: 22/09/2025 08:18:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Tenille Ribeiro de Souza

Membro da Banca Examinadora

(Assinado eletronicamente)

Victor Hugo Silva Godoy

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 VICTOR HUGO SILVA GODOY
Data: 01/10/2025 09:14:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☒ Monografia (especialização)
☐ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo: _____

Nome completo do autor:

Juliana Costa Bernardo

Matrícula:

2024104304260019

Título do trabalho:

Uso de microalgas e consórcios bacterianos na inibição de fungos fitopatogênicos in vitro

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 08 / 10 / 2025

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 incluídos 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
JULIANA COSTA BERNARDO
Data: 08/10/2025 04:27:41 -0300
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

Morrinhos

Local

08 / 10 / 2025

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Cliente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

gov.br

Documento assinado digitalmente

ERASMO RIBEIRO DA PAZ FILHO

Data: 08/10/2025 13:21:06 -0300

Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Com gratidão, agradeço à Solubio e à Biotecland pelo apoio técnico e confiança, ao Instituto Federal Goiano por proporcionar base sólida para meu desenvolvimento, e, de forma especial, o auxílio de: Luciana Abreu, Ana Laura.

Simone Vieira e Erasmo Ribeiro pelas orientações e incentivos ao longo de esta jornada. Estendo meu sincero reconhecimento ao Programa de PósGraduação em Bioinsumos, CAPES, CPNq, FAPEG, CEBIO, pela transmissão de conhecimentos e inovação.



"Entre raízes e mãos que se encontram, o agro revela que crescer é sempre um ato coletivo."

(MARTINS, 2022)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito inibitório de *blends* de bactérias e microalgas no controle de fungos fitopatogênicos *in vitro*. Para tanto, foram testados dois consórcios bacterianos, compostos por diferentes espécies do gênero *Bacillus*, e uma solução de *Chlorella sp.*, aplicados contra os patógenos: *Alternaria solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*, utilizando meio TSA em placas de Petri. Os resultados demonstraram que os tratamentos com *blends* bacterianos apresentaram maior eficácia inibitória, alcançando percentuais superiores a 98% frente a *Sclerotinia sclerotiorum*. As microalgas, por sua vez, apresentaram ação seletiva, com destaque para a inibição de *Sclerotinia sclerotiorum* (90,25%) e *Macrophomina phaseolina*, (65,97%). Portanto, é possível afirmar que os consórcios bacterianos são mais eficientes no controle dos fitopatógenos testados, embora as microalgas tenham mostrado potencial complementar, podendo contribuir em formulações combinadas. Ressalta-se a necessidade de validação em condições de campo para confirmação da eficácia prática e estabilidade das formulações, alinhando-se às práticas de manejo integrado e à sustentabilidade agrícola.

Palavras-chave: biocontrole; microalgas; *Bacillus*; fungos fitopatogênicos; sustentabilidade.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the inhibitory effect of bacterial blends and microalgae on the control of phytopathogenic fungi in vitro. Two bacterial consortia, composed of different species of the genus *Bacillus*, and a *Chlorella* sp. solution were tested against the pathogens *Alternaria solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*, and *Sclerotinia sclerotiorum*, using TSA medium in Petri dishes. The results showed that treatments with bacterial blends presented higher inhibitory efficacy, reaching rates above 98% against *Sclerotinia sclerotiorum*. Microalgae, in turn, exhibited selective action, with emphasis on the inhibition of *Sclerotinia sclerotiorum* (90.25%) and *Macrophomina phaseolina* (65.97%). Therefore, it can be stated that bacterial consortia are more efficient in controlling the tested phytopathogens, although microalgae showed complementary potential, which may contribute to combined formulations. It is emphasized that validation under field conditions is necessary to confirm the practical effectiveness and stability of the formulations, in line with integrated management practices and agricultural sustainability.

Keywords: *Bacillus*; biocontrol; microalgae; phytopathogenic fungi; sustainability.

SUMÁRIO

Resumo	08
Abstract	09
1. Introdução	11
1.1. Importância de Bactérias Benéficas e Algas no Controle de Doenças de Plantas.....	11
1.2. Formulações de Produtos Biológicos à Base de Bactérias e Algas no Biocontrole de Fitopatógenos	12
2. Objetivo	15
3. Metodologia	16
4. Resultados e Discussão	17
5. Considerações Finais	19
6. Referências	20

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância de Bactérias Benéficas e Algas no Controle de Doenças de Plantas.

A utilização de bactérias e algas, tem se destacado como uma estratégia sustentável no manejo de doenças de plantas. Esses microrganismos atuam por meio de diversos mecanismos, incluindo a produção de compostos antimicrobianos, competição por nutrientes e espaço, além da indução de resistência sistêmica nas plantas (CROPLIFE BRASIL, 2020).

O controle biológico de doenças de plantas representa uma alternativa sustentável e eficaz ao uso intensivo de pesticidas químicos na agricultura moderna. Neste contexto, bactérias benéficas e algas exercem papel de agentes promissores para o manejo integrado de patógenos vegetais, oferecendo mecanismos diversos de proteção e promoção da saúde vegetal (COMPANT et al., 2010). Espécies como *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens* demonstram eficácia comprovada na proteção contra fungos, bactérias e fitovírus (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009). Os mecanismos de ação desses agentes de biocontrole incluem a produção de compostos antimicrobianos, como antibióticos e enzimas líticas, que inibem diretamente o crescimento de patógenos. Além disso, essas bactérias estimulam a resistência sistêmica induzida nas plantas, fortalecendo os mecanismos naturais de defesa do hospedeiro (PIETERSE et al., 2014). Para as algas, particularmente microalgas, apresentam potencial significativo no controle de doenças vegetais através da produção de metabólitos bioativos e por serem ricas em compostos bioativos, como aminoácidos, fitormônios e antioxidantes, esses microorganismos promovem o crescimento vegetal e fortalecem as defesas naturais das plantas (DINESHKUMAR et al., 2023). Espécies como *Chlorella vulgaris* e *Spirulina platensis* demonstram propriedades antifúngicas e antibacterianas, que contribuem para a diminuição da incidência de patógenos foliares e radiculares (COLLA et al., 2015). Além disso, estudos demonstram que extratos de *Chlorella vulgaris* podem inibir o crescimento de fitopatógenos, como *Fusarium oxysporum*, reduzindo significativamente a incidência de doenças em culturas como o espinafre

(VIANA et al., 2024). Além de fornecer melhoria na atividade microbiana benéfica, através da maior disponibilização de nutrientes essenciais e promoção de saúde do solo gerada pela aplicação de biomassa (DINESHKUMAR et al., 2023).

A implementação de consórcios microbianos compostos por bactérias benéficas e algas resultam em resultados sinérgicos no controle de doenças. Estudos demonstram redução significativa na severidade de doenças como: murcha bacteriana, oídio e antracnose em diversas culturas agrícolas (SINGH et al., 2016). O uso destes microrganismos apresenta vantagens ambientais consideráveis, incluindo a redução do uso de agroquímicos, melhoria da qualidade do solo e preservação da biodiversidade microbiana benéfica (BACKER et al., 2018).

Nesse sentido, a utilização conjunta de bactérias e microalgas do gênero *Chlorella* tem demonstrado eficácia significativa no biocontrole de fitopatógenos e na indução de resistência sistêmica em plantas. Estudos revelam que *Chlorella vulgaris*, quando associada a bactérias do gênero *Bacillus* spp. promove redução de até 65% na incidência de doenças fúngicas como oídio e antracnose, devido à produção sinérgica de compostos antimicrobianos, incluindo peptídeos cíclicos e lipopeptídeos (SHARMA et al., 2018). A microalga contribui com a síntese de carotenoides e polissacarídeos que fortalecem a parede celular vegetal, enquanto as bactérias associadas secretam sideróforos que quelam ferro, limitando nutrientes essenciais para patógenos (COLLA et al., 2017).

1.2. Formulações de Produtos Biológicos à Base de Bactérias e Algas no Biocontrole de Fitopatógenos.

O desenvolvimento de produtos biológicos formulados a base de bactérias e algas tem ganhado relevância na agricultura moderna, visando principalmente a redução do uso de agroquímicos e promoção de práticas mais sustentáveis. Tais produtos são elaborados a partir de microrganismos selecionados por sua eficácia no controle de doenças e na promoção do crescimento vegetal. Formulações contendo *Bacillus subtilis*, por exemplo, têm sido utilizadas com sucesso no controle de doenças fúngicas, devido à produção de lipopeptídeos como a micosubtilina, que possui potente atividade antifúngica (ARXIV, 2020). Da mesma forma, produtos baseados em extratos de algas marrons, como

Ascophyllum nodosum, têm demonstrado eficácia na indução de resistência em plantas e na redução da severidade de doenças causadas por fitopatógenos (CAMPO & NEGÓCIOS, 2016).

O desenvolvimento de formulações eficazes representa um dos principais desafios na comercialização de agentes de biocontrole. A estabilidade destes produtos biológicos durante o armazenamento e sua eficácia em condições de campo dependem fundamentalmente dos sistemas de formulação empregados (SCHISLER et al., 2004). As formulações líquidas constituem uma das abordagens mais tradicionais para produtos à base de bactérias antagonistas. Neste contexto, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Pseudomonas chlororaphis* têm demonstrado excelente desempenho quando formuladas em meios aquosos, contendo agentes estabilizantes como glicerol e trealose (JACKSON et al., 2009). Estas formulações permitem maior flexibilidade na aplicação, podendo ser utilizadas tanto em tratamentos foliares quanto em aplicações via sistema radicular.

A tecnologia de encapsulamento surge como alternativa promissora para superar limitações relacionadas à viabilidade celular. Microesferas de alginato contendo *Trichoderma harzianum* demonstraram proteção eficaz contra condições ambientais adversas, mantendo a viabilidade dos propágulos por períodos prolongados (PATEL et al., 2012).

O emprego de algas em formulações biológicas apresenta particularidades específicas devido à sensibilidade destes organismos à dessecação e variações de pH. Extratos concentrados de *Ascophyllum nodosum* incorporados em formulações sólidas granuladas demonstraram capacidade de induzir resistência sistêmica em plantas de tomate contra *Alternaria solani* (CRAIGIE, 2011).

Formulações mistas contendo consórcios bacterianos demonstram efeitos sinérgicos no controle de complexos de patógenos. A combinação de *Bacillus pumilus* e *Pseudomonas putida* em formulações líquidas resulta em espectro de ação ampliado, sendo eficaz contra fungos, bactérias e nematoides fitopatogênicos simultaneamente (RAUPACH; KLOEPPER, 1998).

A compatibilidade entre bactérias e algas em formulações mistas constitui aspecto crítico que determina o sucesso comercial dos produtos biológicos. Estudos demonstram que a combinação de *Bacillus subtilis* com extratos de *Chlorella vulgaris* resulta em efeitos sinérgicos, onde os metabólitos algais potencializam a atividade antimicrobiana bacteriana (RENUKA et al., 2016).

Entretanto, a co formulação destes microrganismos requer cuidadoso ajuste de pH, uma vez que algas preferem condições alcalinas enquanto muitas bactérias benéficas desenvolvem-se melhor em pH neutro ou ligeiramente ácido. O desenvolvimento de formulações à base de consórcios bacterianos e algais requer considerações específicas quanto à preservação de metabólitos bioativos. Processos de secagem por atomização preservam compostos fenólicos e peptídeos antimicrobianos presentes em *Chlorella vulgaris*, mantendo a atividade antifúngica contra *Botrytis cinerea* (RENUKA et al., 2016). A compatibilidade nutricional entre bactérias e algas em formulações representa fator determinante para o sucesso da co formulação. Enquanto *Bacillus* spp. requerem fontes de carbono complexas, algas podem fornecer exsudatos ricos em polissacarídeos que favorecem o crescimento bacteriano (BASHAN et al., 2014). Esta simbiose nutricional permite redução nos custos de formulação através da eliminação de suplementos nutricionais sintéticos. O controle de qualidade das formulações biológicas mistas requer protocolos específicos para avaliação da viabilidade microbiana e atividade biológica de ambos os componentes. Métodos de contagem em placa seletiva e bioensaios diferenciados permitem monitoramento independente da eficácia bacteriana e algal durante o período de armazenamento (BOYETCHKO et al., 1999). A pesquisa atual concentra-se no desenvolvimento de formulações inteligentes capazes de responder às condições ambientais, onde sistemas de liberação ativados por pH permitem que microrganismos sejam liberados preferencialmente na rizosfera (DANDURAND et al., 2019).

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito inibitório de consorcios bacterianos e microalgas no controle de fungos fitopatogênicos *in vitro*.

3. METODOLOGIA

O ensaio ocorreu no Laboratório do Centro de Biotecnologias e Bioinsumos (CBBIO) da empresa Solubio, em Jataí, Goiás, no mês de fevereiro de 2025. A metodologia para avaliação da inibição microbiana foi realizada utilizando placas de Petri contendo meio TSA (Tryptic Soy Agar). Foi utilizando o método de cultura pareada (SKIDMORE; DICKINSON, 1976). Inicialmente, foram cultivados e misturados na proporção de 1:1:1 dois consorcios bacterianos, sendo eles: T1= *Bacillus subtilis* isolado CCT 7993, *Bacillus velezensis* isolado CCT 7984, *Bacillus pumilus* isolado S2907 e T2 = *Bacillus subtilis*, isolado CCT 7993, *Bacillus velezensis* isolado CCT, *Bacillus amyloliquefaciens* CCT 7994, em meio líquido com a suspensão bacteriana ajustada para 0,5 na escala de McFarland, correspondente a aproximadamente $1,5 \times 10^8$ UFC/mL. Além da solução de *Clorella* sp. (T3), com concentração aproximada de $1,0 \times 10^6$ células viáveis.

Em seguida, placas de Petri com aproximadamente 20 mL de meio TSA foram preparadas e deixadas solidificar completamente, sendo posteriormente secas em posição invertida a 37 °C por 10 a 15 minutos para remoção da umidade superficial. As suspensões bacterianas (T1 e T2) foram inoculadas nas placas utilizando um swab estéril, no volume de 10 µL, que foi espalhado uniformemente sobre toda a superfície do ágar em três direções, com rotação da placa em 60° entre cada aplicação para garantir cobertura homogênea. Após essa etapa, foram aplicados Discos de micélio de 5 mm de diâmetro dos seguintes patógenos: *Alternaria solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*.

Já com T3, foi aplicado disco de micélio de 5 mm dos mesmos patógenos citados anteriormente sobre o meio TSA, e logo acima despejado o volume de 10 µL da solução de *Clorella* sp, sem nenhum tipo de espalhamento.

As placas foram feitas em duplicata, incubadas em posição invertida a 35 ± 1 °C por um período de 7 dias sob condições aeróbicas. Após a incubação, as zonas de inibição formadas ao redor dos pontos de aplicação foram medidas em milímetros, utilizando régua para medição de diâmetros perpendiculares. A porcentagem de inibição radial foi calculada empregando-se a fórmula: $I\% = [(DC - DT) / DC] \times 100$, onde DC representa o diâmetro da colônia controle e DT o diâmetro da colônia tratada (VINCENT, 1947). Os dados obtidos foram analisados no Excel, sob estatística descritiva.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao fim do experimento foram expostos na Figura 1.

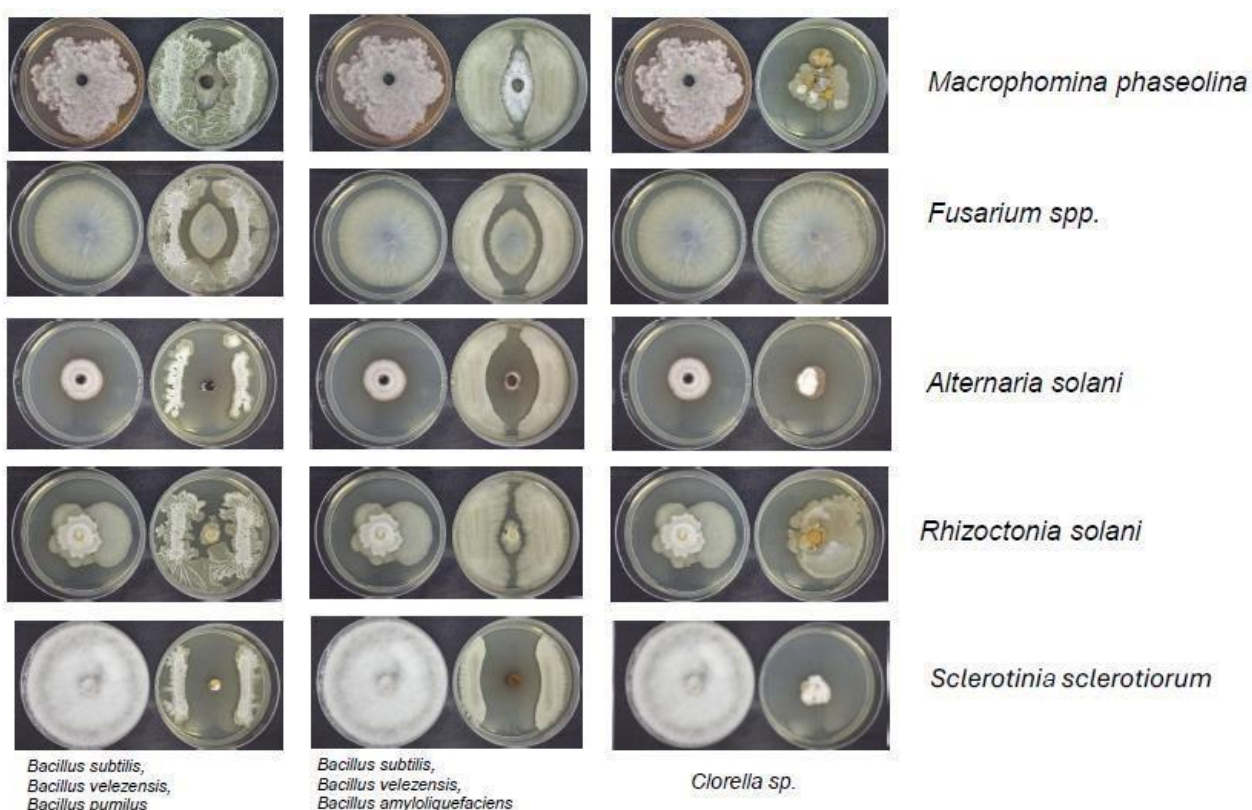


Figura 1. Placas de Petri com Tratamento testemunha dos fitopatógenos (Esquerda) x *Tratamentos* T1, T2, T3, respectivamente (Direita).

Os resultados evidenciaram que os consórcios bacterianos apresentaram maior eficácia de inibição frente à maioria dos patógenos testados, como diante de *Sclerotinia sclerotiorum* em que obteve percentuais de inibição de 98,44% (T1) e 99,68% (T2) (Figura 2). Esses dados corroboram os achados de Santos et al. (2022), que destacam o potencial de consórcios bacterianos no controle de patógenos de solo por meio da produção de metabólitos antifúngicos e pela competição por espaço e nutrientes.

Já as microalgas (T3), embora tenha apresentado efeito menos expressivo em comparação contra *Sclerotinia sclerotiorum* (90,25%) e *Phomina phaseoli* (65,97%) (Figura 2). Isso reforça o que foi descrito por Silva, Oliveira e Martins (2020), que apontam o papel de extratos de microalgas na ativação de mecanismos de defesa nas plantas e na liberação de compostos bioativos com ação antimicrobiana mostraram desta forma ação seletiva, com desempenho limitado frente a alguns fungos.

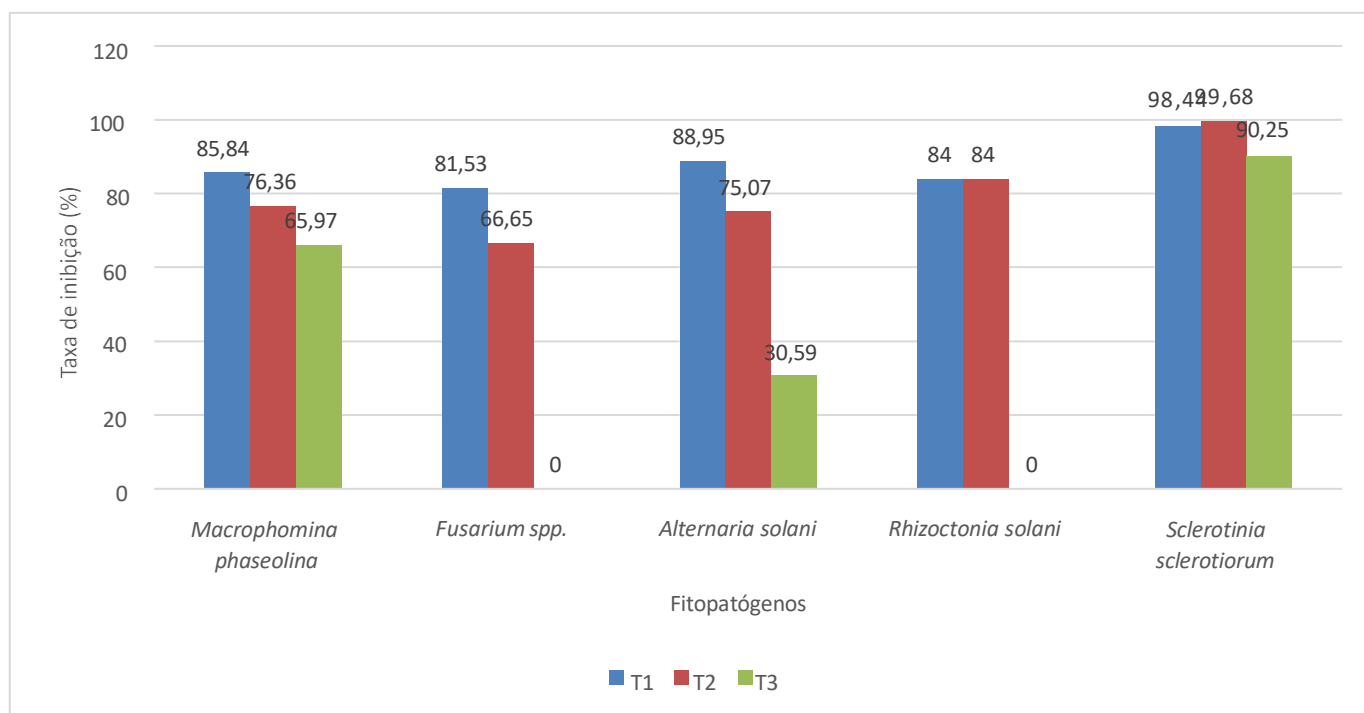


Figura 2. Porcentagem de inibição dos fitopatógenos x *Tratamentos* T1, T2 , T3, respectivamente.

A menor eficácia de T3 frente ao *Fusarium spp.* e *Sclerotinia sclerotiorum* pode estar relacionada à especificidade do composto bioativo liberado pelas microalgas, exigindo ajustes na concentração ou consórcios com outras cepas para melhor desempenho, conforme já sugerido na literatura (SILVA et al., 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora promissores, os resultados obtidos *in vitro* precisam ser validados em condições de campo para avaliação da eficácia prática e estabilidade dos agentes.

O uso de micro-organismos no controle de doenças vegetais representa uma estratégia alinhada às práticas de manejo integrado e à sustentabilidade agrícola.

Os resultados presumem que a junção de microalgas com *blends* de bactérias podem impulsionar a inibição de fungos patogênicos de solo.

6. REFERÊNCIAS

- ARXIV. Mycosubtilin Overproduction by *Bacillus subtilis* BBG100 Enhances the Organism's Antagonistic and Biocontrol Activities. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2009.10378>>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- BACKER, R. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1473, 2018.
- BASHAN, Y. et al. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives. **Plant and Soil**, v. 378, n. 1-2, p. 1-33, 2014.
- BOYETCHKO, S. M. et al. A review of bioherbicide research and development in Canada. **Weed Research**, v. 39, n. 4, p. 221-226, 1999.
- CAMPO & NEGÓCIOS. Algas reduzem fungos e bactérias. Disponível em: <<https://semcomplicar.com.br/campoenegocios/algas-reduzem-fungos-ebacterias/>>. Acesso em: 11 jul. 2025
- COLLA, G. et al. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 28-38, 2015.
- COMPANT, S. et al. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, n. 9, p. 4951-4959, 2010.
- CROPLIFE BRASIL. Microrganismos são fontes de tecnologia. Disponível em: <<https://agron.com.br/publicacoes/informacoes/artigoscientificos/2020/12/26/065503/microrganismos-sao-fontes-de-tecnologia>>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- DANDURAND, L. M. et al. Delivery systems for biological control agents: an overview. **Biological Control**, v. 132, p. 69-89, 2019.
- DINESHKUMAR, R. et al. Microalgae as Biofertilizers: A Sustainable Way to Improve Soil Fertility and Plant Growth. *Sustainability*, v. 15, n. 16, p. 12413, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/16/12413>.
- JACKSON, A. M. et al. Liquid formulation of biocontrol agents. **Biocontrol Science and Technology**, v. 19, n. 8, p. 753-768, 2009.
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 63, p. 541-556, 2009.

- PIETERSE, C. M. et al. Induced systemic resistance by beneficial microbes. **Annual Review of Phytopathology**, v. 52, p. 347-375, 2014.
- PATEL, K. J. et al. Formulation and evaluation of alginate microspheres containing biocontrol agent. **International Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 3, p. 274-279, 2012.
- RAUPACH, G. S.; KLOEPPER, J. W. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple cucumber pathogens. **Phytopathology**, v. 88, n. 11, p. 1158-1164, 1998.
- RENUKA, N. et al. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. **Biotechnology Advances**, v. 34, n. 8, p. 1225-1235, 2016.
- SANTOS, R. M. dos et al. Potencial de consórcios bacterianos no controle de fitopatógenos em culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 2, p. 152–161, 2022.
- SCHISLER, D. A.; SAMPATHKUMAR, P.; VAUGHN, S. F.; SLEDGE, M. K.; HAMMOND, R. W. Biocontrol of plant diseases: the use of *Bacillus subtilis* and other bacterial antagonists. **Biological Control**, v. 31, n. 3, p. 264-273, 2004
- SILVA, J. F. da; OLIVEIRA, T. L.; MARTINS, A. C. Potencial de microalgas no manejo de doenças de plantas: efeitos bioativos e mecanismos de defesa. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 1, p. 85–93, 2020.
- SHARMA, N. K. et al. Microalgae as potential source of biofertilizer. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 10, p. 9402-9413, 2018.
- VIANA, C. et al. *Chlorella vulgaris* and *Tetrademus obliquus* Protect Spinach (*Spinacia oleracea* L.) against *Fusarium oxysporum*. **Plants**, v. 13, n. 12, p. 1697, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/12/1697>.
- SKIDMORE, A. M.; DICKINSON, C. H. Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 66, n. 1, p. 57-64, 1976.
- VINCENT, J. M. Distortion of fungal hyphae in the presence of certain inhibitors. **Nature**, v. 159, n. 4051, p. 850, 1947.