

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANNA CAROLINE COSTA FANALLI

DIVERSIDADE ESPACIAL E PROSPECÇÃO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS
PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DO CIPÓ PRETO (*Adenocalymma impressum*)

MONTE CARMELO

2026

ANNA CAROLINE COSTA FANALLI

DIVERSIDADE ESPACIAL E PROSPECÇÃO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS
PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DO CIPÓ PRETO (*Adenocalymma impressum*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais – Mestrado, para obtenção do título de Mestra.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Firmino. Coorientador: Prof. Dr. Bruno Sérgio Vieira

Monte Carmelo

2026

ANNA CAROLINE COSTA FANALLI

DIVERSIDADE ESPACIAL E PROSPECÇÃO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS
PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DO CIPÓ PRETO (*Adenocalymma impressum*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em
Agricultura e Informações Geoespaciais – Mestrado, para
obtenção do título de Mestra.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Firmino. Coorientador: Prof.
Dr. Bruno Sérgio Vieira

Aprovado em:

06/03/2026

Banca examinadora:

Profa. Dra. Daniele A. A. Arriel

Dra. Daniela H. Maggio

Monte Carmelo

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F199 2026	<p>Fanalli, Anna Caroline Costa, 1998- DIVERSIDADE ESPACIAL E PROSPECÇÃO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DO CIPÓ PRETO (<i>Adenocalymma impressum</i>) [recurso eletrônico] / Anna Caroline Costa Fanalli. - 2026.</p> <p>Orientador: André Luiz Firmino. Coorientador: Bruno Sérgio Viera. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais. Modo de acesso: Internet. DOI http://doi.org/10.14393/ufu.di.2026.280 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Agronomia. I. Firmino, André Luiz, 1986-, (Orient.). II. Viera, Bruno Sérgio, 1978-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

ANNA CAROLINE COSTA FANALLI


DIVERSIDADE ESPACIAL E PROSPECÇÃO DE FUNGOS FITOPATOGÊNICOS
PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DO CIPÓ PRETO (*Adenocalymma impressum*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em
Agricultura e Informações Geoespaciais – Mestrado, para
obtenção do título de Mestra.


Orientador: Prof. Dr. André Luiz Firmino. Coorientador: Prof.
Dr. Bruno Sérgio Vieira

Monte Carmelo, 06 de março de 2026


Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ANDRÉ LUIZ FIRMINO
Data: 16/03/2026 12:35:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Luiz Firmino

Documento assinado digitalmente
 DANIELE APARECIDA ALVARENGA ARRIEL
Data: 13/03/2026 18:58:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Daniele A. A. Arriel

Documento assinado digitalmente
 DANIELA HIPOLITO MAGGIO
Data: 13/03/2026 15:59:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Daniela H. Maggio

AGRADECIMENTOS

A Deus e a nossa senhora por me conceder força, sabedoria e serenidade em cada etapa desta caminhada. À minha família, pelo amor incondicional, paciência e incentivo, que foram fundamentais para que eu chegasse até aqui, especialmente à minha mãe, pelo apoio e dedicação constantes.

Aos meus orientadores, Dr. André Luiz Firmino e Dr. Bruno Sérgio Vieira, pela orientação, aprendizado e convivência científica. Agradeço pela confiança, pelas oportunidades de aprendizado e pela liberdade de errar e acertar ao longo do processo.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF) da Universidade Federal de Uberlândia: Bruna, Lelê, Joyce, Jairla, Mel, Daniel, Werik e Mike pela parceria, amizade e apoio no dia a dia de pesquisa. Um agradecimento especial aos meus queridíssimos estagiários João e Vitória, pela ajuda constante e dedicação em cada etapa dos experimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais (PPGAIG), pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional, e a CAPES, pelo fomento por meio da bolsa de mestrado.

À Suzano S.A., pela parceria e apoio à pesquisa, e ao grupo NCBio – Núcleo de Estudos em Controle Biológico, pelo suporte técnico e pelas valiosas trocas de conhecimento que contribuíram significativamente para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço a oportunidade de conduzir experimentos, planejar atividades e participar de reuniões que tanto enriqueceram minha formação.

Aos amigos que fizeram parte desta jornada, pelo companheirismo, pelas conversas e pelo incentivo nos momentos de cansaço. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo registrada minha sincera gratidão

BIOGRAFIA

Anna Caroline Costa Fanalli nasceu em 1º de julho de 1998, na cidade de Monte Carmelo, Minas Gerais. Foi aprovada em 1º lugar no vestibular da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) para o curso de Engenharia Florestal, concluindo sua graduação em agosto de 2023. Durante a graduação, atuou na extensão em botânica, auxiliando em aulas práticas, na manutenção do laboratório e no desenvolvimento de atividades extracurriculares para alunos das disciplinas relacionadas à área.

A partir de 7 de dezembro de 2020, passou a integrar o grupo de pesquisa Geoinformação, Território e Conservação (GISTeC), sob a orientação do Prof. Dr. João Vitor Meza Bravo, onde trabalhou com geoprocessamento e sensoriamento remoto. Seu primeiro contato com a pesquisa na universidade ocorreu sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Laice Souza Rabelo, que a incentivou a estudar as interações entre abelhas e madeira, investigando padrões de nidificação e a relação da densidade da madeira com essa escolha.

Entre 2019 e 2022, participou do Centro Acadêmico do curso de Engenharia Florestal e integrou a empresa júnior REFOREST, atuando na área de marketing. Também foi voluntária no Crea Jr Núcleo de Monte Carmelo, desempenhando atividades na mesma área entre 2023 e 2024. Realizou estágios na consultoria ambiental G2OH e no Instituto Estadual de Florestas (IEF), sempre buscando aproveitar as oportunidades acadêmicas e profissionais ao longo de sua trajetória.

Em 2024, ingressou no mestrado de Agricultura e Informações Geoespaciais, desenvolvendo pesquisas por meio de parceria público-privada entre a Suzano, empresa de papel e celulose, e a UFU, com ênfase na prospecção de fungos fitopatogênicos para o controle da planta daninha cipó preto. No mesmo ano, passou a integrar os grupos de estudo NCBio (Núcleo de Estudos em Controle Biológico) e NUMPLAFLO (Núcleo de Estudos, Ensino e Extensão em Planejamento e Manejo da Paisagem Florestal), onde colabora auxiliando alunos, ministrando minicursos e participando de bancas de defesa de TCC.

Sumário

1. Introdução Geral	10
2. Referências	12
Capítulo 1.....	17
Spatial distribution and phytopathogenic fungal diversity of black liana (<i>Adenocalymma impressum</i>) with implications for biological control in <i>Eucalyptus</i> plantations	17
Abstract	18
1. Introduction	18
2. Material and Methods	20
2.1 Characterization of the Collection Area	20
2.2 Characterization of black liana occurrence in <i>Eucalyptus</i> spp. stands	21
2.3 Prospecting of phytopathogenic fungal isolates	22
2.4 Preservation of Isolates	24
2.6 Pathogenicity test	25
2.7 Inoculation of <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (SC-35) on stem and root of black liana (<i>Adenocalymma impressum</i>) (Promising Isolate)	25
2.8 Pathogenicity test of phytopathogenic isolates on black liana in <i>Eucalyptus</i> sp. clones 26	
2.9 Inoculation of <i>L. theobromae</i> (SC-35) on the stems and roots of <i>Eucalyptus</i> sp. .	27
3. Results	27
4. Discussion	34
5. Referências	36
Capítulo 2.....	45
Teste preliminar de agressividade de isolados fúngicos para o controle de <i>Adenocalymma impressum</i>	45
1. Resumo	46
2. Introdução	46
3. Material e métodos	47
3.1 Caracterização da área de estudo	47

3.2	Isolados utilizados	48
3.3	Teste de agressividade preliminar	48
4.	Resultados	49
5.	Discussão	51
6.	Referências	52
	Conclusões gerais	55

1. Introdução Geral

A utilização de florestas plantadas como alternativa à exploração de florestas nativas tem se consolidado como estratégia viável para suprir a crescente demanda por madeira e produtos florestais, ao mesmo tempo que contribui para a preservação ambiental (Aguayo *et al.*, 2024; Sanquetta *et al.*, 2020). O setor florestal brasileiro consolida-se como líder global na exportação de celulose, com um movimento de US\$ 12,7 bilhões na balança comercial (IBÁ, 2024), sublinhando sua proeminência no comércio exterior e a competitividade da cadeia produtiva florestal do país. A silvicultura brasileira possui 10 milhões de hectares de florestas plantadas (IBÁ, 2025) e gera cerca de 2,9 milhões de empregos direto e indireto (IBÁ, 2025). O setor preserva 7 milhões de hectares de florestas nativas, (IBÁ, 2025), estocando o equivalente a 4,92 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂eq) (IBÁ, 2024), contribuindo com a sustentabilidade e pela provisão de serviços ecossistêmicos cruciais (Teixeira; Rodrigues, 2021).

A região amazônica é conhecida pela sua biodiversidade. Estima-se que a mesma abrigue cerca de 1.941 espécies de cipós, evidenciando sua expressiva representatividade nesse bioma (Nascimento *et al.*, 2023). O termo cipó refere-se, de forma geral, a plantas de caule ou raízes flexíveis, que crescem apoiadas em outras plantas ou ficam penduradas na vegetação (Gerolamo, 2024). Dentre as plantas daninhas presentes em florestas plantadas, temos os cipós. As plantas daninhas, são plantas nativas ou não, consideradas indesejáveis presentes em plantios comerciais (Wu *et al.*, 2025).

Para assegurar a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas florestais, é imprescindível o manejo eficiente de fatores bióticos limitantes, como pragas, doenças e plantas daninhas. Elas competem por água, luz e nutrientes, impactam negativamente o crescimento e a qualidade da madeira, e elevam os custos operacionais (Tiburcio, 2012; Ferrari *et al.*, 2022). A presença de cipós aumenta o risco das operações de colheita da madeira, uma vez que as copas das árvores ficam interligadas, impedindo o direcionamento da queda da árvore cortada (Silva, 2013). Além disso, aumentam a chance de riscos de incêndio devido a sua biomassa (Corticeiro *et al.*, 2023). Nesse cenário, destaca-se *Adenocalymma impressum*, um cipó de crescimento ascendente que tem provocado prejuízos econômicos significativos em plantios comerciais de *Eucalyptus* spp.

32 Tradicionalmente, o controle de espécies daninhas tem sido realizado por meio da
33 aplicação intensiva de herbicidas químicos, cuja eficácia pode ser comprometida pela
34 resistência de alguns biótipos, além de representar riscos ambientais e à saúde humana
35 (Kole *et al.*, 2019). Os ingredientes utilizados como herbicidas mais comercializados no
36 Brasil em 2023 foram: Glifosato e seus sais, 2,4-D, Atrazina, S-metolaclo, Glufosinato,
37 sal de amônio, e Dibrometo de Diquate (Ibama, 2023). Atualmente 273 espécies de plantas
38 daninhas apresentam algum tipo de resistência, em contrapartida, somente uma molécula
39 química foi lançada no mercado nos últimos anos (Montull *et al.*, 2023). Nos plantios de
40 eucalipto *A. impressum* é controlado mecanicamente através da roçada e quimicamente.
41 Entretanto, esse controle não tem obtido êxito devido a mão de obra e tempo que
42 encarecem o procedimento. A roçada tem propagado a distribuição espacial do cipó e o
43 controle mecânico não está sendo efetivo.

44 Nesse contexto, o controle biológico desponta como uma abordagem promissora,
45 oferecendo uma alternativa sustentável e de menor impacto ambiental ao uso de
46 defensivos químicos. O potencial do controle biológico de plantas daninhas por meio do
47 uso de fungos fitopatogênicos tem sido objeto de diversas investigações. Estudos
48 demonstraram a eficácia do fungo *Cercospora aff. canescens* Ellis & G. Martin como um
49 agente de biocontrole em espécies do gênero *Ipomoea* (Nechet; Halfeld, 2019).
50 Adicionalmente, o fungo *Nigrospora sphaerica* foi identificado como um fitopatógeno
51 promissor para o manejo do capim-búfalo (*Cenchrus ciliaris*) (Salvatore *et al.*, 2024).
52 Pesquisas complementares também exploraram a utilização de outros gêneros fúngicos,
53 incluindo *Bipolaris*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Exserohilum* e *Alternaria*, visando o controle
54 do capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) (Fabbris *et al.*, 2025). Tais evidências reforçam
55 a relevância e a viabilidade do desenvolvimento de bio-herbicidas para o controle de
56 plantas daninhas.

57 O controle biológico de plantas daninhas, ao integrar-se às práticas de manejo
58 florestal sustentável, fortalece o compromisso do setor com a inovação tecnológica e com
59 a adoção de soluções ecologicamente responsáveis (Pessoa; Souza; Loureiro, 2020). Tais
60 práticas são coerentes com os princípios da sustentabilidade e atendem às exigências de
61 um modelo produtivo que alia conservação ambiental, viabilidade econômica e
62 responsabilidade social (Duke, 2024; IBÁ, 2023).

63 O controle biológico de plantas daninhas visando o desenvolvimento de um bio-
64 herbicida para uma determinada espécie-alvo na silvicultura nunca foi abordado no
65 Brasil. Mediante ao cenário de extensa área ocupada e a ineficiência no controle mecânico
66 e químico da planta daninha *A. impressum*, este trabalho tem como objetivo prospectar
67 fungos fitopatogênicos para o controle biológico desta planta e selecionar os melhores
68 isolados para testes subsequentes. Logo, essa dissertação está dividida em dois capítulos.
69 Capítulo 1: Prospecção de fungos fitopatogênicos para o controle biológico do cipó preto
70 *Adenocalymma impressum* (rusby) Sandwith e sua diversidade espacial. Capítulo 2: Teste
71 de agressividade de isolados fúngicos no controle de *Adenocalymma impressum*.

72

73 2. Referências

74 AGUAYO LOPES DA SILVA, R.; DUARTE DOS SANTOS, L.; GONÇALVES
75 ROBERT, R. C.; PURFÜRST, T. Brazilian Forest-Based Sector Perceptions and
76 Contributions to the Sustainable Development Goals (SDGs)—Developing Strategies
77 Using the Strategic Options Development and Analysis (SODA) Approach. *Forests*, v.
78 15, n. 1, p. 198, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15010198>.

79 AJUNA, H. B. *et al.* The prospect of antimicrobial peptides from *Bacillus* species with
80 biological control potential against insect pests and diseases of economic importance in
81 agriculture, forestry and fruit tree production. *Biotechnology & Biotechnological*
82 *Equipment*, v. 38, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/13102818.2024.2312115>.

83 ALENCAR, B. T. B. *et al.* Efeito da umidade do solo na fisiologia do eucalipto em
84 competição com plantas daninhas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8,
85 e36010817256, 2021.

86 ALVES, R. B. de O. *et al.* Modelagem dinâmica espacial baseada em agentes de *Diatraea*
87 *saccharalis* e dos parasitas naturais *Cotesia flavipes* e *Trichogramma galloi* em culturas
88 de cana-de-açúcar. *Sensoriamento Remoto*, v. 16, n. 15, p. 2693, 2024. Disponível em:
89 <https://doi.org/10.3390/rs16152693>. Acesso em: 18 out. 2025.

90 ARAGÃO, F. M. M.; CASTRO, E. J. M.; MIRANDA, R. de C. M. de. Processo de
91 produção de composto para controle biológico a partir do cultivo de *Serratia marcescens*
92 em meio de baixo custo. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 13, p. e11713, 2024. DOI:

93 <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n13143>. Disponível em: <https://ojs.studiespublicaco>
94 [es.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11713](https://ojs.studiespublicaco.es.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11713). Acesso em: 9 abr. 2025.

95 BARBOSA, L. R.; CASTRO, B. M. de C.; SOLIMAN, E. P.; WILCKEN, C. F.; IEDE,
96 E. T.; ZANUNCIO, J. C. Controle biológico no MIP florestal. In: LEMES, P. G.;
97 ZANUNCIO, J. C. (ed.). Novo manual de pragas florestais brasileiras. Montes Claros:
98 Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, 2021. p. 147-163.

99 BRAGHINI, A. *et al.* Testando os efeitos do tipo de presa na história de vida e nos
100 parâmetros populacionais de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Insects*, v.
101 15, n. 5, p. 330, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects15050330>.

102 BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
103 (Ibama). Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Brasília, DF: Ibama, 2025.
104 Disponível em: [https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos)
105 [biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos). Acesso em: 6 jan.
106 2026.

107 CORTICEIRO, S. *et al.* Como o controle de ervas daninhas afeta o *Eucalyptus globulus*
108 *Labill.* Produtividade: resultados de dois ensaios de longo prazo. *Forests*, v. 14, p. 1958,
109 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/f14101958>.

110 DUKE, S. O. Why are there no widely successful microbial bioherbicides for weed
111 management in crops? *Pest Management Science*, v. 80, n. 1, p. 56–64, 2024. DOI:
112 <https://doi.org/10.1002/ps.7595>.

113 FABBRIS, C.; SILVA, M. N.; SILVA, L. A.; OLIVEIRA, V. H. R.; QUEIROZ, M. F.;
114 INOKUTI, E. M.; VIEIRA, B. S.; FIRMINO, A. L. Diversity and spatial distribution of
115 phytopathogenic fungi as biological control agents for Goosegrass (*Eleusine indica*).
116 *Agriculture, Basileia*, v. 15, n. 16, p. 1721, set. 2025. Disponível em: [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.3390/agriculture15161721)
117 [3390/agriculture15161721](https://doi.org/10.3390/agriculture15161721). Acesso em: 08. dez. 2025.

118 FERRARI, L. S. *et al.* Financial impact of roads non-integration in tactical harvest
119 scheduling. *Biofix Scientific Journal*, v. 7, n. 1, p. 98- 103, 2022. DOI: [https://doi.org/1](https://doi.org/10.5380/biofix.v7i1.82745)
120 [0.5380/biofix.v7i1.82745](https://doi.org/10.5380/biofix.v7i1.82745).

121 FERREIRA, J. C. S.; SILVA, J. A. A. da; FERREIRA, R. L. C. Economic viability of a
122 silvopastoral system with and without the inclusion of carbon credits. *Revista Caatinga*,
123 v. 37, e11721, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v37i11721rc>.

124 FERREIRA, S. de O. P. M.; FERREIRA JÚNIOR, J. A. M.; BRAZ, R. L. Caracterização
125 energética de biomassas agrícolas e florestais no estado de Pernambuco. *Ciência*
126 *Florestal*, v. 34, n. 3, e73324, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509873324>.

127 GEROLAMO, C. Cipós, trepadeiras ou lianas? *Heringeriana*, [S. l.], v. 18, n. 1, p.
128 e918040, 2024. DOI: 10.70782/heringeriana.v18i1.918040. Disponível em:
129 <https://revistas.jardimbotanicodf.org/index.php/heringeriana/article/view/918040>.
130 Acesso em: 17 out. 2025.

131 GONÇALVES, L. FATOS HISTÓRICOS DO CONTROLE BIOLÓGICO. *Floresta e*
132 *Ambiente*, v. 3, p. 96–101, 1996.

133 HASAN, M. *et al.* Bioherbicides: An eco-friendly tool for sustainable weed management.
134 *Plants (Basel)*, v. 10, n. 6, p. 1212, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10061212>.

135 HORN, R. *et al.* Management of *Adenocalymna impressum* on pasture in the
136 northwestern Mato Grosso. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 15, n. 1, 2017.

137 IBAMA. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. [Brasília, DF]: IBAMA.
138 Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/ptbr/assuntos/quimicosebiologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 17 out. 2025.

140 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório de produção da silvicultura no
141 Brasil. Brasília: IBÁ, 2023. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso em: 9 set. 2024.

142 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório de produção da silvicultura no
143 Brasil. Brasília: IBÁ, 2024. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso em: 16 maio
144 2025.

145 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório de produção da
146 silvicultura no Brasil. Brasília: IBÁ, 2025. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso
147 em: 17 out. 2025.

148 KOLE, R.; ROY, K.; PANJA, B. *et al.* Use of pesticides in agriculture and emergence of
149 resistant pests. *IJAH*, v. 58, n. 2 SPL, p. 53 70, 2019. DOI: 10.36062/ijah.58.2SPL.2019
150 .53-70.

151 LAHLALI, R. *et al.* Biological control of plant pathogens: a global perspective.
152 *Microorganisms*, v. 10, n. 3, p. 596, 2022. DOI: [https://doi.org/10.3390/microorganisms](https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596)
153 10030596.

- 154 LONDERO, E. K. *et al.* Influência de diferentes períodos de controle e convivência de
155 plantas específicas em eucalipto. *Cerne*, v. 18, p. 441–447, 2012.
- 156 LOURENÇO, Marcos Felipe de Castro. Manejo químico de vassourinha-de-botão
157 (*Spermacoce* sp.) na cultura da soja. 2018. 135 f. Dissertação (Mestrado Profissional em
158 Proteção de Plantas) – Instituto Federal Goiano, Câmpus Urutaí, Urutaí, 2018.
- 159 MARTÍNEZ-SERVAT, S. *et al.* Characterization of *Lysobacter enzymogenes* B25, a
160 potential biological control agent of plant-parasitic nematodes, and its mode of action.
161 *AIMS Microbiology*, v. 9, n. 1, p. 151–176, 2023. DOI: 10.3934/microbiol.2023010.
- 162 MASSOCA, P. E. dos S.; BRONDÍZIO, E. S. Protegemos quando valorizamos: história
163 da legislação florestal brasileira. *Estudos Avançados*, v. 36, n. 106, p. 183–183, 2022.
164 DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2022.36106.011>.
- 165 MONTULL, J. M.; TORRA, J. A resistência a herbicidas está aumentando na Espanha:
166 manejo e prevenção concomitantes. *Plants*, v. 12, n. 3, p. 469, 2023. DOI: [https://doi.org](https://doi.org/10.3390/plants12030469)
167 [/10.3390/plants12030469](https://doi.org/10.3390/plants12030469).
- 168 NASCIMENTO, J. B. S. D. P. *et al.* Floristic composition of climbing plants on a humid
169 forest fragment in the Planalto da Ibiapaba, Ceará State, Brazil. *Hoehnea*, v. 50, p.
170 e312022, 2023.
- 171 NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Development of *Cercospora* leaf spot in
172 weed species of the genus *Ipomoea* for biological control. *BioControl*, Berlim, v. 64, n. 2,
173 p. 185-195, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10526-018-09918-w>.
174 Acesso em: 08 dez. 2025.
- 175 PESSOA, L. G. A.; SOUZA, T. M. N.; LOUREIRO, E. de S. Compatibility some
176 insecticides used in pest management in eucalyptus with *Beauveria bassiana*
177 (*Cordycipitaceae*). *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, 2020. DOI:
178 <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5148>.
- 179 ROCHA-FILHO, J. A. D. *et al.* O impacto inicial de um reservatório hidrelétrico na
180 florística, estrutura e dinâmica de florestas adjacentes na Amazônia meridional. *Forests*,
181 v. 16, p. 1236, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/f16081236>.
- 182 SANQUETTA, C. R. *et al.* Mercado de celulose no Brasil e em cinco grandes países.
183 *Biofix Scientific Journal*, v. 5, n. 2, p. 189-194, 2020.

184 SALVATORE, M. M. *et al.* Screening of secondary metabolites produced by *Nigrospora*
185 *sphaerica* associated with the invasive weed *Cenchrus ciliaris* reveals two new
186 structurally related compounds. *Molecules*, Basileia, v. 29, n. 2, p. 438, jan. 2024.
187 Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules29020438>. Acesso em: 08. dez. 2025.

188 SILVA, J. L. Identificação dos riscos associados ao corte semimecanizado na conversão
189 de áreas, para implantação de florestas comerciais. 2013. Monografia (Especialização em
190 Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
191 Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Curitiba, 2013.

192 TEIXEIRA, G.; RODRIGUES, G. S. de S. C. Trajetória geográfica da silvicultura em
193 Minas Gerais. *Mercator* (Fortaleza), v. 20, p. e20004, 2021.

194 TIBURCIO, R. A. S. *et al.* Controle de plantas daninhas e seletividade do flumioxazin
195 para eucalipto. *Cerne*, v. 18, n. 4, p. 523–531, 2012.

196 TOMÉ, M. *et al.* Oportunidades e desafios das plantações de eucalipto na Europa: a
197 experiência da Península Ibérica. *European Journal of Forest Research*, v. 140, p. 489–
198 510, 2021.

199 VARGAS, L. *et al.* Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico,
200 distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. In: MESCHÉDE, D. K.;
201 GAZZIERO, D. L. P. A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem. Londrina:
202 Midiograf II, 2016. Cap. 20, p. 219-239.

203 WU, H.; XUE, Y.; LIU, W. Avaliação do potencial de *Cuscuta japonica* como agente de
204 controle biológico para o manejo de *Derris trifoliata* em florestas de mangue. *Forests*, v.
205 16, n. 8, p. 1250, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/f16081250>.

206 YAMADA, T.; HOSAKA, T.; OKUDA, T.; KASSIM, A. R. Efeitos de 50 anos de
207 exploração madeireira seletiva na demografia de árvores em uma floresta de planície da
208 Malásia. *Forest Ecology and Management*, v. 310, p. 531–538, 2013.

209

210

Capítulo 1

211 Spatial distribution and phytopathogenic fungal diversity of black liana (*Adenocalymma*
212 *impressum*) with implications for biological control in *Eucalyptus* plantations

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233 **Spatial distribution and phytopathogenic fungal diversity of black liana**
234 **(*Adenocalymma impressum*) with implications for biological control in *Eucalyptus***
235 **plantations**

236 **Abstract**

237 The black liana (*Adenocalymma impressum*) poses a significant challenge to commercial
238 *Eucalyptus* plantations in the eastern Amazon owing to its rapid growth and resistance to
239 conventional herbicide-based control. This study aimed to prospect and characterize
240 phytopathogenic fungi associated with *A. impressum* for potential use in biological
241 control. Fungal isolates were collected from symptomatic plants in Maranhão, Brazil,
242 resulting in 124 isolates, of which 24 were pathogenic. Among these, *Lasiodiplodia*
243 *theobromae* SC-35 exhibited rapid symptom development, extensive tissue colonization,
244 and host specificity, while remaining nonpathogenic to *eucalyptus* clones. Environmental
245 factors, including temperature and native forest remnants, influenced fungal diversity and
246 aggressiveness. These findings demonstrate the potential of SC-35 as candidate for
247 development of a sustainable and effective bioherbicide for managing black liana,
248 highlighting the value of endemic phytopathogens in integrated forest weed management
249 strategies.

250 **Key-word:** Bioherbicide, Endemic fungi, Tropical Forest, Host specificity, Integrated
251 weed management

252

253 **1. Introduction**

254 In Brazil, approximately 4,146 liana species have been catalogued, of which 1,941
255 occur in the Amazon region (Nascimento *et al.*, 2023). These plants exhibit a scandent
256 growth habit, primarily using trees to reach light, with or without establishing parasitic
257 relationships with their hosts (Nascimento *et al.*, 2022). Predominantly found in tropical
258 forests, they comprise a diverse plant group belonging to different botanical families, such
259 as Bignoniaceae, Smilacaceae, Menispermaceae, Passifloraceae, and Cucurbitaceae
260 (Flora do Brasil, 2020).

261 Although lianas perform important ecological functions, such as increasing forest
262 structural heterogeneity and influencing successional dynamics, these species may
263 become problematic in forested areas, particularly along forest edges. Several weed
264 species are commonly found in commercial forest plantations, including *Urochloa*
265 *plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Panicum maximum*, *Urochloa decumbens*,

266 *Echinochloa* spp., *Imperata brasiliensis*, *Ipomoea* spp. and *Pteridium aquilinum* (Ferreira
267 et al., 2010). The coexistence of eucalyptus and weeds for a single year may result in a
268 reduction of up to 70% in the mean tree diameter (Alencar *et al.*, 2021).

269 Among the liana species occurring in the Amazon biome, the black liana (*Adenocalymma*
270 *impressum* (Rusby) Sandwith) stands out. Although native, it has become one of the major
271 constraints to commercial eucalyptus production in the state Maranhão, Brazil and
272 livestock farming in the state of Mato Grosso (Horn *et al.*, 2017).

273 Black liana is distributed across South America, with a higher occurrence in Brazil,
274 particularly in the North and Northeast regions (GBIF, 2023). It is an endemic species
275 present in the Caatinga, Atlantic Forest and Amazon biomes (Fonseca, s.n.; GBIF, 2023).
276 It exhibits a lianescent growth habit, enabling it to reach the forest canopy and entwine
277 tree branches, thereby compromising not only the development of forest species but also
278 operational safety and harvesting efficiency in eucalyptus plantations. By hindering
279 mechanization and altering tree-fall predictability, this species increases production costs
280 and raises the risk of accidents in the forest.

281 Chemical control has been employed as the sole management strategy to date; however,
282 it has shown limited effectiveness. Additionally, subsequent mechanical control is
283 required for the physical removal of black liana from eucalyptus plants, in which the liana
284 is manually uprooted and removed before harvesting operations. This practice is costly,
285 impractical on a large scale and poses risks to worker health and the environment.

286 In this context, biological control has emerged as a promising, sustainable, cost-effective,
287 and environmentally responsible alternative for black liana management. Two main
288 approaches exist for the use of phytopathogens as biological control agents of weeds: the
289 classical (or inoculative) method, which involves introducing a natural pathogen of the
290 target plant from its center of origin into a new area of plant distribution to reestablish
291 ecological balance and the inundative method based on using of bioherbicide, which
292 involves, which involves the use of endemic phytopathogenic fungi already associated
293 with the target plant, mass-produced, formulated and applied similarly to a chemical
294 herbicide.

295 Although well established in agriculture, biological control in forestry is still in its early
296 stages. The need for research in this area is underscored by the magnitude of the forestry
297 sector in Brazil, which comprises approximately 8.1 million hectares of eucalyptus

298 plantations (IBÁ, 2025). The state of Maranhão contains 290,846 hectares of eucalyptus
299 plantations, has approximately 64,000 hectares infested with black liana.

300 To develop more effective management strategies, it is essential to characterize infested
301 areas and understand the environmental and biological factors that favor the occurrence
302 of black liana. Thus, understanding the dynamics of black liana within the forestry context
303 extends beyond a simple management issue; it represents a challenge involving the
304 integration of conservation, production, and sustainability. By adopting the inundative
305 control tactic, it becomes possible to exploit fungi already present in the plant's
306 ecosystem, optimizing their performance as biological control agents.

307 In this context, the prospecting of phytopathogenic fungi allowed the identification of a
308 promising isolate (SC-35), characterized by its rapid response in just 48 hours and the
309 severity of its foliar symptoms. Because of this, complementary experiments were carried
310 out to further understand its synergy with the host plant.

311 This study aimed to collect and identify phytopathogenic fungi from eucalyptus spp.
312 stands in the state of Maranhão with potential for use in the biological control of *A.*
313 *impresum* and to characterize their geographic distribution.

314

315 **2. Material and Methods**

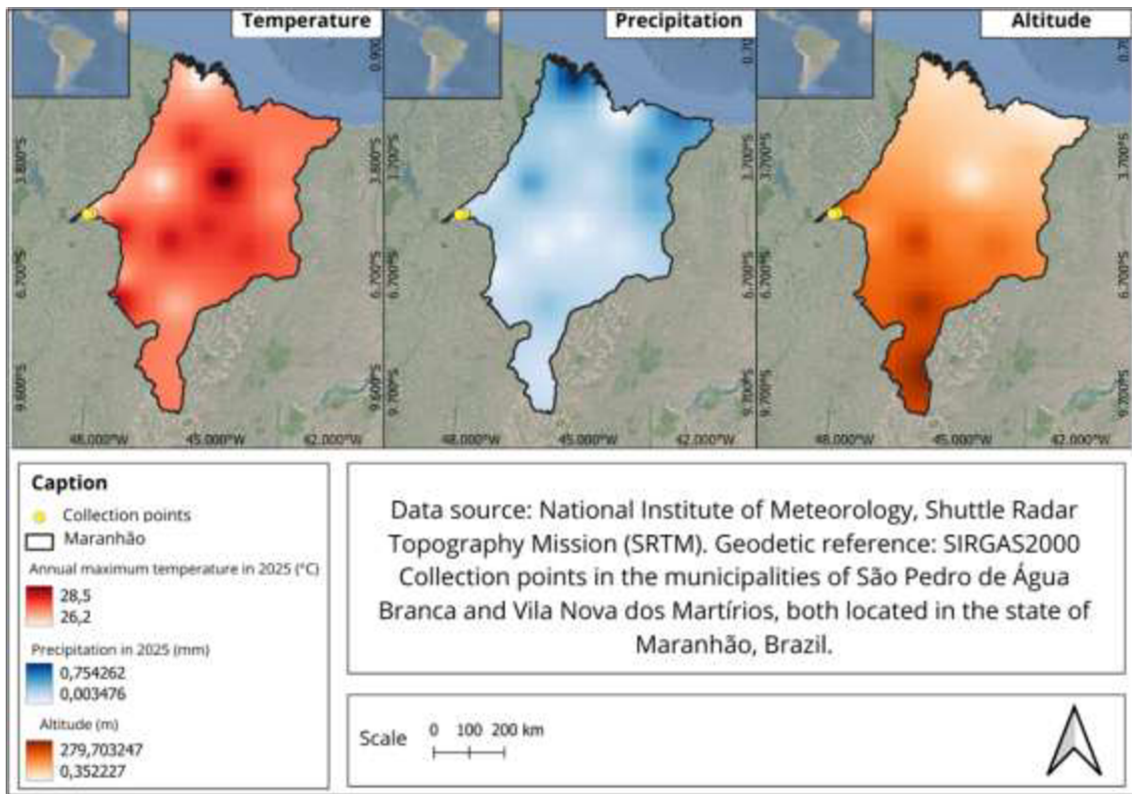
316

317 **2.1 Characterization of the Collection Area**

318 Fungal specimens were collected in the municipalities of São Pedro da Água Branca and
319 Vila Nova dos Martírios, both located in the state of Maranhão, Brazil. Sampling was
320 conducted in *Eucalyptus* spp. Stands.

321 The state is characterized by an annual rainfall of approximately 1,500 mm and a mean
322 temperature ranging from 24 to 29 °C (Azevedo et al., 2021) (Figure 1). Maranhão lies
323 within a transitional zone between the Amazonian humid and northeastern semi-arid
324 climates (Correia Filho *et al.*, 2011). According to the Köppen–Geiger climate
325 classification (1928), the regional climate is classified as Aw, characterized by rainy
326 summers and dry winters (Figure 1).

327 The western portion of the state, located within the Amazon biome, comprises plateau
328 areas with elevations close to 200 m and extensive plains with altitudes below this level
329 (Correia Filho et al., 2011). The soils are predominantly classified as Yellow Oxisols,
330 Red-Yellow Ultisols, and Alluvial Soils (Correia Filho *et al.*, 2011). (Figure 1).



331
332 **Figure 1.** Climatic variables of the state of Maranhão. Temperature, precipitation, and
333 altitude variables are presented. Collection sites are indicated by yellow circles.

334

335 2.2 Characterization of black liana occurrence in *Eucalyptus* spp. stands

336 *Adenocalymma impressum* occurs in approximately 64,000 hectares of *Eucalyptus* spp.
337 plantations in the state of Maranhão, Brazil. (Figure 2). Additional information on the
338 global occurrence of this species was obtained from the Global Biodiversity Information
339 Facility (GBIF, 2023), which highlights its broad geographic distribution.



340

341 **Figure 2.** *Distribution of black liana (Adenocalymma impressum).*

342

343 **2.3 Prospecting of phytopathogenic fungal isolates**

344 The prospecting of fungal isolates involved the collection of symptomatic *Adenocalymma*

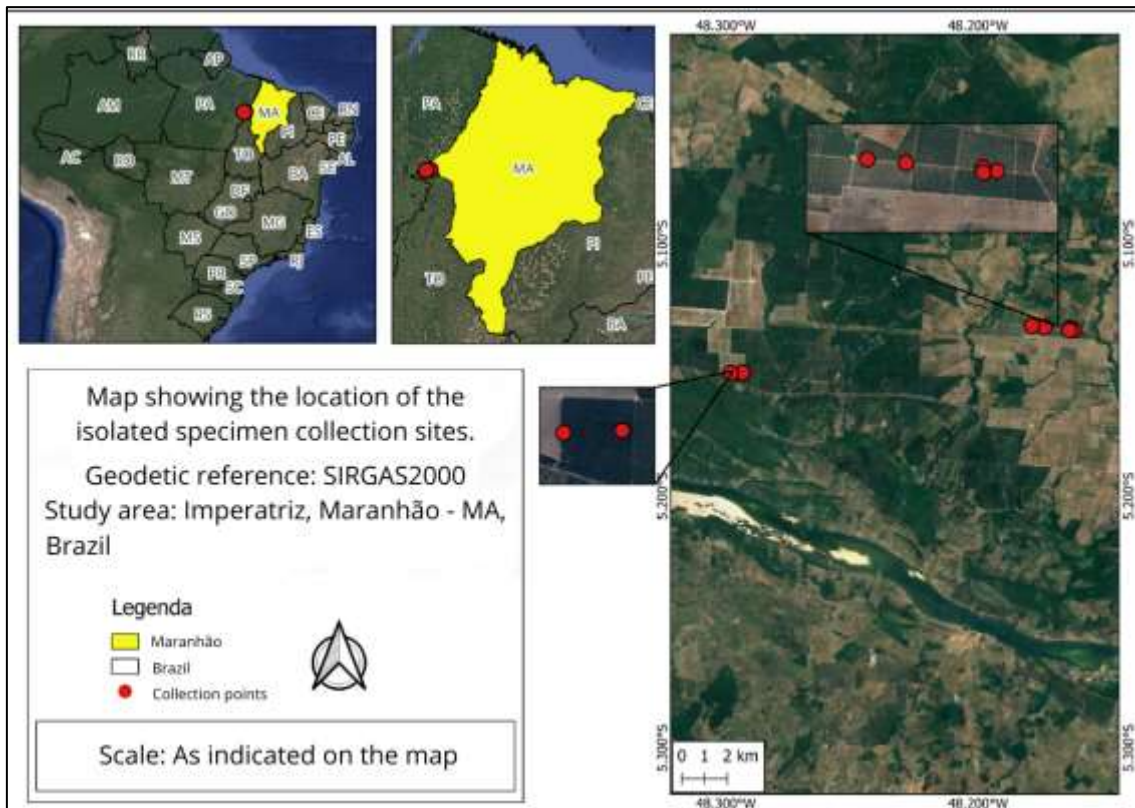
345 *impressum* plants at seven sampling sites within eucalyptus plantations on May 21st, 2024

346 (Table 1 and Figure 4). Leaves exhibiting necrotic symptoms (Figure 3) were collected
347 and transported for processing at the Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia
348 (LAMIF), Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo Campus, Minas Gerais,
349 Brazil.

350 The collected plant material was dried between newspaper sheets using a botanical press.
351 Subsequently, direct and indirect isolation procedures were performed according to
352 Alfenas and Mafia (2016).



353
354 **Figure 3.** Representative leaf spot symptoms observed on black liana (*Adenocalymma*
355 *impressum*).



356

357

Figure 4. Geographic locations of sampling sites in Maranhão State, Brazil.

358

359

Table 1. Geographic coordinates of sampling sites in the municipality of Imperatriz, Maranhão, Brazil.

360

COLLECTION POINTS	Latitude	Longitude	COLLECTION DATE
1	-5.133927	-48.161996	21/05/24 ³⁶¹
2	-5.135190	-48.163743	21/05/24 ³⁶²
3	-5.134132	-48.163767	21/05/24 ³⁶³
4	-5.132892	-48.173680	21/05/24 ³⁶⁴
5	-5.132424	-48.178652	21/05/24 ³⁶⁵
6	-5.150965	-48.293476	21/05/24 ³⁶⁶
7	-5.151149	-48.298073	21/05/24 ³⁶⁷

368

369

370

2.4 Preservation of Isolates

371 The fungal isolates were preserved in 2 mL cryogenic tubes containing autoclaved
372 distilled water and stored at room temperature until use. Additionally, isolates were
373 preserved in 10% glycerol solution and stored in an ultra-low temperature freezer at -80
374 °C.

375 **2.5 Black lianas seedlings**

376 The black liana seedlings were ordered from a nursery located in the region where the
377 black liana infestation is occurring, situated in Imperatriz do Maranhão, Maranhão,
378 Brazil.

379

380 **2.6 Pathogenicity test**

381 Inoculation was performed by placing a 6.0 mm mycelial disc on both surfaces of each
382 leaf of three black liana plants. The plants were then incubated in a moist chamber (above
383 90% relative humidity) for 48 h. After this period, the first assessment was conducted,
384 and the inoculated plants were transferred to a greenhouse, where they were monitored
385 daily for 15 days to observe symptom development.

386 The control consisted of three plants inoculated with discs containing only PDA medium
387 without fungal material. Subsequently, re-isolation was performed to complete Koch's
388 postulates. The selection of pathogens was based on fungi that caused symptoms in the
389 black liana.

390

391 **2.7 Inoculation of *Lasiodiplodia theobromae* (SC-35) on stem and root of black** 392 **liana (*Adenocalymma impressum*) (Promising Isolate)**

393 For the stem inoculation test, three black liana seedlings with two to three pairs of leaves
394 were used in each treatment. Small wounds were made on the stems of the seedlings using
395 a syringe, followed by inoculation with a mycelial disc of the SC-35 isolate at each
396 wound. The controls consisted of three plants with wounds inoculated with PDA discs
397 without fungal material. The mycelial discs were wrapped in cotton moistened with
398 autoclaved distilled water and covered with plastic wrap for 48 h, creating a humid
399 environment conducive to fungal penetration. After this period, the seedlings were
400 monitored for one month.

401 For the root inoculation assay, three seedlings were assigned to each of the following
402 treatments:

- 403 1. Wounded roots + fungal inoculation (treatment 1)
- 404 2. Non-wounded roots + fungal inoculation (treatment 2)
- 405 3. Wounded roots without fungal inoculation (treatment 3 / control 1)
- 406 4. Non-wounded roots without fungal inoculation (treatment 4 / control 2)

407 The root wounds were created by making a cut at the apical portion of the root using a
408 scalpel. Eight Erlenmeyer flasks containing Potato Dextrose (PD) liquid medium were
409 sterilized. Five mycelial discs of the SC-35 isolate were added to each flask and incubated
410 on a shaker at 180 rpm for 7 days. After incubation, the resulting mycelial suspension
411 was homogenized in a blender for 1 min. The liana roots were immersed in the mycelial
412 suspension for 10 min and evaluated 30 days post-inoculation. Root assessment involved
413 performing a 3-cm longitudinal cut to examine the presence of dark root lesions.

414

415 **2.8 Pathogenicity test of phytopathogenic isolates on black liana in *Eucalyptus*** 416 **sp. clones**

417 The pathogenicity test on *Eucalyptus* sp. was conducted using four clones from Suzano:
418 Suzano 1, Suzano 2, Suzano 3, and Suzano 4. Twenty-four isolates previously identified
419 as pathogenic to black liana were evaluated, including: *Phoma* spp. (SCNI-12, SCNI-34),
420 *Lasiodiplodia theobromae* (SC-35, SCNI-17, SCNI-18, SCNI-67), *Fusarium* spp. (SC-
421 17, SC-19, SCNI-24, SCNI-46, SCNI-48, SCNI-73), *Rhizoctonia* sp. (SC-1), *Curvularia*
422 sp. (SCNI-53), *Cladosporium* spp. (SCNI-26, SCNI-62, SCNI-74), and unidentified fungi
423 (SCNI-15, SCNI-22, SCNI-38, SCNI-39, SCNI-52, SCNI-54, SCNI-77).

424 The test was conducted by inoculating mycelial discs following the same protocol
425 described for the black liana pathogenicity assay (Section 2.6). This procedure is essential
426 to ensure that the selected isolates can be safely used in biological control strategies
427 without causing harm to commercial *Eucalyptus* sp. plantations.

428

429 **2.9 Inoculation of *L. theobromae* (SC-35) on the stems and roots of *Eucalyptus***
430 **sp.**

431 For the stem and root assays, four *Eucalyptus* sp. clones (Suzano 1–4) were used in the
432 study. For the stem experiment, wounds were made on the stem of each plant (replicate)
433 using a hypodermic syringe. A mycelial disc of the *L. theobromae* SC-35 isolate was
434 placed in contact with each wound, then wrapped with cotton moistened with autoclaved
435 distilled water and covered with plastic wrap for 48 h, creating a humid environment to
436 facilitate fungal infection.

437 For the root pathogenicity assay, the apical portion of the roots of three plants was cut.
438 The controls consisted of three plants without root wounding. The mycelial suspension
439 was prepared following the procedure described in Section 2.6.2.

440 **2.10 Spatial distribution of pathogenic fungi isolates obtained from black**
441 **liana (*A. impressum*)**

442 The spatial distribution of the genera *Curvularia* spp., *Phoma* spp., *Lasiodiplodia* spp.,
443 and *Fusarium* spp. was mapped using data obtained from GBIF. The selection of these
444 taxa is justified by the fact that they have demonstrated pathogenicity to black liana.

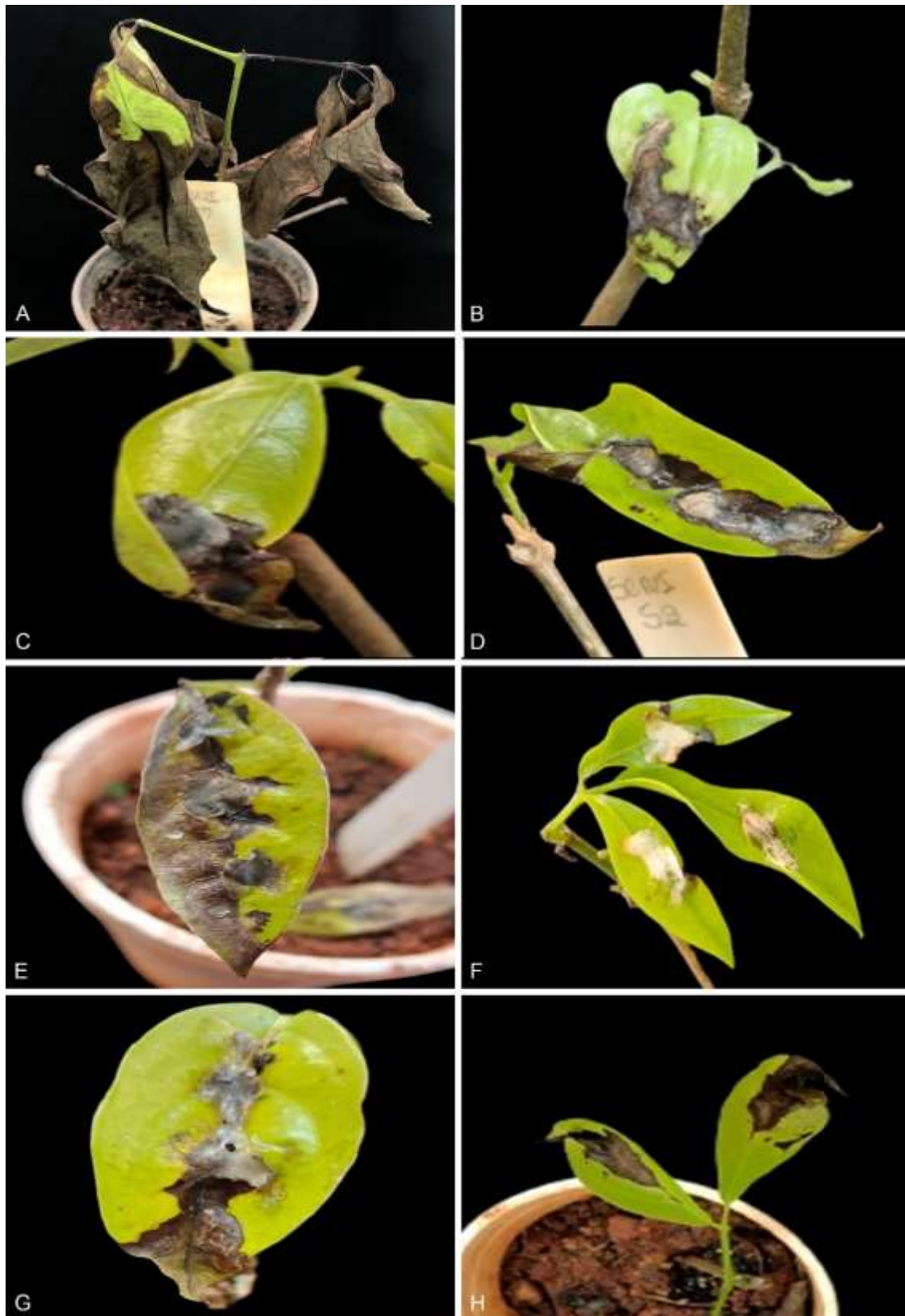
445

446 **3. Results**

447 A total of 124 fungal isolates were obtained from direct and indirect isolations. The
448 isolates belong to the following genera: *Alternaria* spp. (8), *Aspergillus* sp. (1), *Bipolaris*
449 spp. (2), *Cercospora* spp. (4), *Cladosporium* spp. (5), *Colletotrichum* spp. (3),
450 *Corynespora* spp. (3), *Curvularia* spp. (4), *Dreschlera* sp. (1), *Fusarium* spp. (34),
451 *Lasiodiplodia theobromae* (4), and *Periconia* sp. (1), *Phoma* spp. (3), *Rhizoctonia* spp.
452 (3), and 49 unidentified fungi (49).

453 Among these, 24 isolates were considered pathogenic, including *Phoma* spp. (SCNI-12,
454 SCNI-34), *Lasiodiplodia theobromae* (SC-35, SCNI-17, SCNI-18, SCNI-67), *Fusarium*
455 spp. (SC-17, SC-19, SCNI-24, SCNI-46, SCNI-48, SCNI-73), *Rhizoctonia* sp. (SC-1),
456 *Curvularia* sp. (SCNI-53), *Cladosporium* spp. (SCNI-26, SCNI-62, SCNI-74), and
457 unidentified fungi (SCNI-15, SCNI-22, SCNI-38, SCNI-39, SCNI-52, SCNI-54, SCNI-
458 77).

459 Regarding the time to infection, eight isolates stood out (Figure 5), as necrotic leaf spots
460 were observed 48 h post-inoculation: SCNI-15 (unidentified), SCNI-17 and SCNI-18
461 (*Lasiodiplodia theobromae*), SCNI-46 (*Fusarium* sp.), SCNI-52 (unidentified), SCNI-53
462 (*Curvularia* sp.), SCNI-62 (*Cladosporium* sp.), and SCNI-77 (unidentified), followed by
463 SC-35 (*Lasiodiplodia theobromae*).

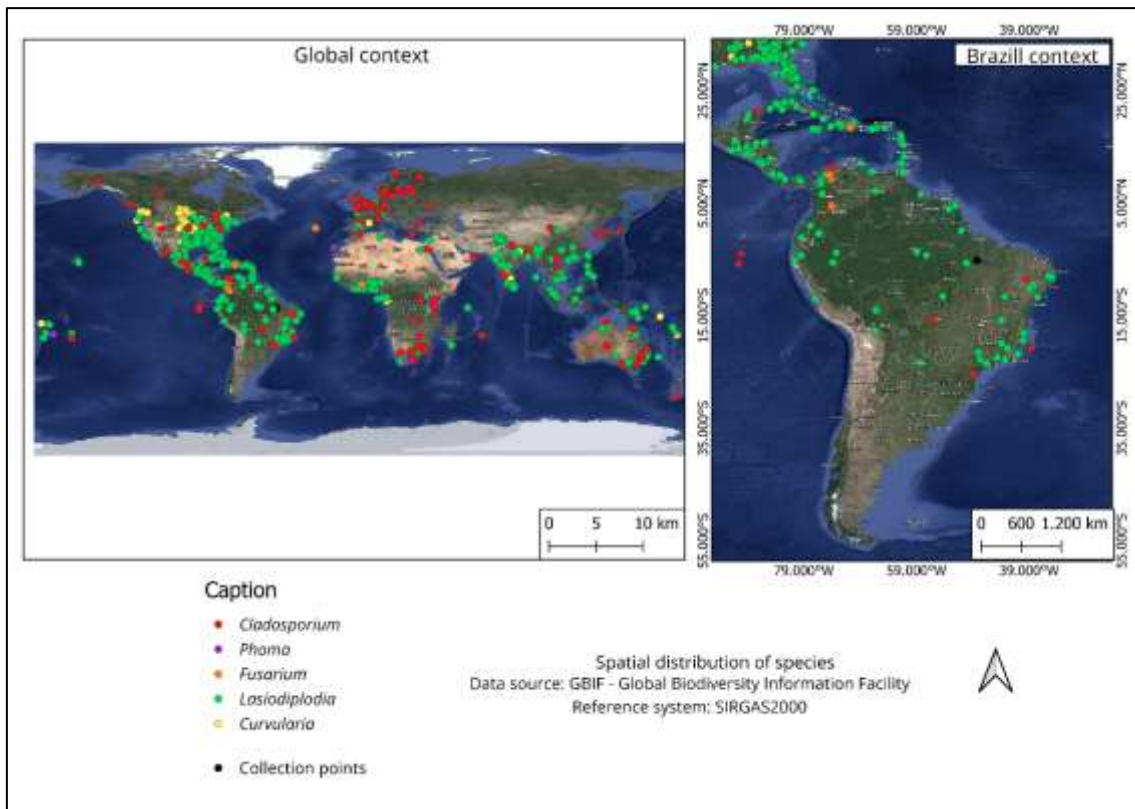


464

465 **Figure 5.** Leaf necrosis symptoms caused by different fungal isolates. **A.** SCNI-77. **B.**

466 SCNI-62. **C.** SCNI-53 **D.** SCNI-52 **E.** SCNI-18 **F.** SCNI-46 **G.** SCNI-17 **H.** SC-35.

467 The SC-35 isolate (*L. theobromae*) was distinguished from the others by severe leaf and
468 stem necrosis occurring within 48 h (Figure 7G). The same symptoms were observed in
469 all three replicates, indicating a consistent pattern.



470

471 **Figure 6.** Spatial distribution of pathogenic fungi isolates obtained from black liana (*A.*
472 *impressum*).



473

474 **Figure 7.** Inoculation of *L. theobromae* (SC-35) in black liana (*Adenocalymma*
475 *impressum*). The witness refers to the green plant, and the necrotic plant is the one
476 inoculated by the pathogen.

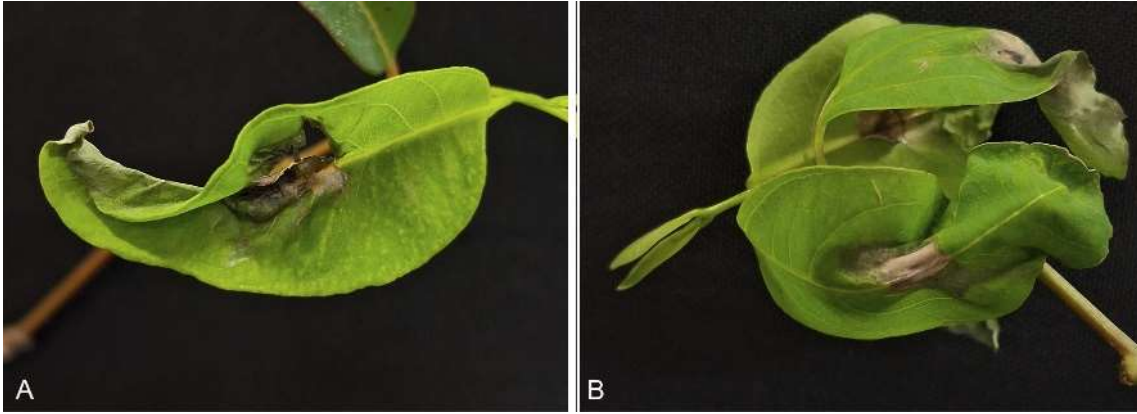
477 *Lasiodiplodia theobromae* (SC-35) was pathogenic to the roots of *A. impressum*, with
478 symptom development occurring 30 days post-inoculation. Damage was characterized by
479 internal root necrosis (Figure 8).



480

481 **Figure 8.** Inoculation of *L. theobromae* (SC-35) on the roots of black liana (*A.*
482 *impressum*). **A.** *Adenocalymma impressum* root (control on the left and inoculated with
483 necrosis on the right). **B.** Root cortex darkened by the action of *L. theobromae*. **C.** Control
484 root of *A. impressum* (without fungal inoculation). **D.** Necrotic root of *A. impressum*
485 caused by *L. theobromae*.

486 Among the 24 isolates inoculated on *Eucalyptus* sp. clones (Suzano 1, Suzano 2, Suzano
487 3, and Suzano 4), only *Phoma* sp. (SCNI-34) induced leaf necrosis, and its pathogenicity
488 was confirmed through re-isolation (Figure 9). Consequently, this isolate was excluded
489 from the subsequent tests.



490

491 **Figure 9.** Inoculation of *Phoma* sp. (SCNI-34) on *Eucalyptus* sp. leaves. (A-B) Leaves
 492 of *Eucalyptus* sp. showing necrosis caused by *Phoma* sp. (SCNI-34).

493 The SC-35 isolate of *L. theobromae* demonstrated the absence of pathogenicity in
 494 *Eucalyptus* spp. clones (Figure 10). Evaluations were conducted over 30-day period
 495 following inoculation, encompassing both root and stem tissues.



496

497 **Figure 10.** Stem and root inoculation of *L. theobromae* (SC-35) in *Eucalyptus* sp. A-C.
 498 Absence of symptoms in *Eucalyptus* sp. roots. D. Absence of symptoms in *Eucalyptus*
 499 sp. stems.

500

501 4. Discussion

502 The increasing incidence of *Adenocalymma impressum* in *Eucalyptus* plantations in the
503 eastern Amazon represents a significant silvicultural challenge, particularly because of its
504 tolerance to conventional chemical control strategies. The present study provides the first
505 comprehensive assessment of the spatial distribution of the phytopathogenic fungal
506 diversity associated with this liana in Maranhão State, highlighting the occurrence of
507 multiple fungal genera with potential for biological control for this target.

508 In recent years, interest in commercial bioherbicides in Brazil has increased, with major
509 multinational companies investing in the search for pathogens targeting some weed
510 species in agricultural systems, driven largely by the growing concern over herbicide-
511 resistant biotypes with certain active ingredients (Croplife brasil, 2025).

512 However, these efforts have not encompassed liana species. The prospection of
513 microorganisms constitutes the initial and fundamental step toward the development of
514 sustainable management alternatives for *A. impressum* in commercial *Eucalyptus* spp.
515 plantations.

516 Among the 124 fungal isolates, 24 demonstrated pathogenicity toward *A. impressum*, with
517 *Lasiodiplodia theobromae* SC-35 emerging as the most promising candidate. This isolate
518 exhibited rapid symptom development within 48 h, showing extensive colonization of
519 host tissues and high specificity to the target species, while remaining non-pathogenic to
520 *eucalyptus* clones (figure 7, 8). The rapid onset of necrosis distinguishes SC-35 from other
521 isolates, suggesting an efficient mechanism for host infection and potential superiority as
522 a bioherbicidal agent.

523 *Lasiodiplodia* is a cosmopolitan genus, with the highest number of scientific reports
524 concentrated in tropical regions (Figure 6). It is considered an opportunistic
525 phytopathogen that requires wounds and/or physiologically stressed plants to penetrate
526 host tissues and induce disease symptoms (Lima, 2013). This genus comprises aggressive
527 and economically important pathogens that affect several tropical fruit crops, including
528 mango, cacao, grapevine, and citrus (Ko et al., 2023; Piattino et al., 2024).

529 The observed specificity of SC-35 aligns with the characteristics of commercial
530 bioherbicides such as Di-Bak®, which employs *Neoscytalidium novaehollandiae*,
531 *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, and *Macrophomina phaseolina* to control invasive
532 species such as *Parkinsonia aculeata* (Morin, 2020). This species is estimated to be

533 invasive over approximately 3.3 million hectares in Australia (Galea, 2021). However,
534 unlike agricultural weeds, lianas in forest ecosystems present unique challenges,
535 including vertical growth, complex interactions with host trees, and the presence of
536 heterogeneous microenvironments. Therefore, the successful application of SC-35 in
537 forestry systems represents a novel extension of phytopathogen-based weed management,
538 combining efficacy and ecological safety.

539 The high diversity of fungal isolates identified in this study underscores the importance
540 of endemic phytopathogens as regulators of plant population dynamics. Isolates adapted
541 to local edaphoclimatic conditions, such as SC-35, are more likely to survive and remain
542 effective under field conditions than are exogenous pathogens. This adaptation is
543 particularly relevant given the mean annual temperature of 28 °C in the sampled
544 municipalities, which favors tropical phytopathogens capable of rapid growth and
545 sporulation at high temperatures (Mshelia et al., 2020).

546 This thermal sensitivity establishes competitive dynamics among fungal species,
547 provided that water availability is not limited (Miller, 2008). Therefore, the climatic
548 profile of the sampled areas not only enables the occurrence of diverse fungal taxa but
549 also acts as a determinant of the diversity and aggressiveness of the identified isolates,
550 reinforcing their adaptive potential for management applications in regions with similar
551 climatic conditions.

552 Environmental factors, such as temperature and native vegetation, play a decisive role in
553 fungal distribution and aggressiveness. Remnants of native forests in the collection areas
554 likely provided thermal regulation and consistent relative humidity, creating favorable
555 microclimates for fungal establishment. Additionally, the physiological status of *A.*
556 *impressum* plants, often stressed or mechanically damaged, facilitates infection by
557 opportunistic pathogens such as *Lasiodiplodia*. These insights highlight the importance
558 of integrating ecological understanding into the timing and methodology of SC-35
559 application in the field.

560 The potential application of SC-35 in integrated management strategies could reduce the
561 reliance on chemical herbicides and costly mechanical removal, thereby lowering
562 operational costs and environmental impacts. As part of an integrated weed management
563 program, SC-35 can complement existing cultural practices by targeting both foliar and
564 root tissues to maximize control efficacy. Furthermore, the rapid symptom development

565 and host specificity suggest that SC-35 may provide reliable suppression of *A. impressum*
566 without affecting commercially valuable eucalyptus species.

567 In conclusion, this study demonstrates the feasibility of utilizing endemic phytopathogens
568 for the biological control of black liana in commercial *Eucalyptus* plantations. The SC-
569 35 isolate of *Lasiodiplodia theobromae* exhibits strong potential as a targeted, effective,
570 and environmentally safe agent, representing a promising step toward sustainable forest-
571 weed management. By leveraging local fungal diversity and ecological conditions, SC-
572 35 may serve as the foundation for the first bioherbicide specifically developed for
573 forestry systems. Future research should focus on large-scale field trials, long-term
574 ecological impacts, optimization of mass production of SC-35 and formulation
575 optimization to ensure efficacy, safety and practical applicability in diverse forestry
576 systems.

577

578 **5. Referências**

579 AGUILOS, M. *et al.* Determining Early Warning Thresholds to Detect Tree Mortality
580 Risk in a Southeastern U.S. Bottomland Hardwood Wetland. *Forests*, Basel, v. 16, n. 8,
581 p. 1255, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f16081255>. Acesso em: 27 nov.
582 2025.

583 ALENCAR, B. T. B. *et al.* Efeito da umidade do solo na fisiologia do eucalipto em
584 competição com plantas daninhas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8,
585 e36010817256, 2021.

586 ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. *Métodos em fitopatologia*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV,
587 2016. v. 1. 516 p.

588 ANCIN-MURGUZUR, F. J.; BARBERO-LÓPEZ, A.; KONTUNEN-SOPPELA, S.;
589 HAAPALA, A. Automated image analysis tool for measuring microbial growth in solid
590 cultures. *Comput. Electron. Agric.*, v. 151, n. 2018, p. 426-430, 2018.

591 ARMSTRONG, K. C. Análise espacial da violência no estado do Rio de Janeiro nos anos
592 de 2010, 2014 e 2018 através do estimador de densidade de Kernel e autocorrelação
593 espacial de Moran. 2019. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em

594 Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal
595 do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

596 AZEVEDO, G. F.; SANTOS, L. L.; BEZERRA, R. J. C. Uso de imagens Landsat 8 para
597 análise das temperaturas superficiais do município de Imperatriz, MA. Revista Ibero
598 Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 6, p. 233-245, 2021. DOI:
599 <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.006.0020>.

600 BARBOSA, L. R.; CASTRO, B. M. de C.; SOLIMAN, E. P.; WILCKEN, C. F.; IEDE,
601 E. T.; ZANUNCIO, J. C. Controle biológico no MIP florestal. In: LEMES, P. G.;
602 ZANUNCIO, J. C. (ed.). Novo manual de pragas florestais brasileiras. Montes Claros:
603 Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, 2021. p. 147-163.

604 BOHU, T. *et al.* Evidence for fungi and gold redox interaction under Earth surface
605 conditions. Nature Communications, v. 10, n. 1, 2290, 2019. Disponível em:
606 <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10006-5>. Acesso em: 28 nov. 2025.

607 CAMARGO, M. S. Ocorrência, distribuição e prospecção de fungos entomopatogênicos
608 em solos do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 2021. 87 f. Dissertação (Mestrado em
609 Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto
610 Alegre, 2021.

611 CERÓN-BUSTAMANTE, M. *et al.* Effect of light spectra on cereal fungal pathogens, a
612 review. Fungal Biology Reviews, [S. l.], v. 43, p. 100291, 2023. DOI:
613 [10.1016/j.fbr.2022.10.004](https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.10.004).

614 CHAVES NETO, J. R. *et al.* Bioherbicide action of *Phoma dimorpha* fermented broth
615 on seeds and plants of *Senna obtusifolia*. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 50, p.
616 e56894, 2020.

617 CORREIA FILHO, F. L.; GOMES, E. R.; NUNES, O. O.; LOPES FILHO, J. B. Relatório
618 diagnóstico do município de Vila Nova dos Martírios. Teresina: CPRM – Serviço
619 Geológico do Brasil, 2011. 31 p. (Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água
620 Subterrânea no Estado do Maranhão).

621 CROPLIFE BRASIL. Brasil atinge recorde de registros de novos insumos biológicos e
622 químicos em 2025. 19 dez. 2025. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/brasil-atinge->
623 [recorde-de-registros-de-novos-insumos-biologicos-e-quimicos-em-2025/](https://croplifebrasil.org/brasil-atinge-recorde-de-registros-de-novos-insumos-biologicos-e-quimicos-em-2025/). Acesso em: 11
624 mar. 2026.

625 DESAI, S.; DUBEY, S. C.; PRASAD, R. D. Impacts of climate change on *Fusarium*
626 species vis-à-vis adaptation strategies. *Indian Phytopathology*, v. 73, p. 593–603, 2020.

627 DOU, Z. P. *et al.* A morfologia importa na taxonomia de *Lasiodiplodia*? Uma resposta
628 de *Lasiodiplodia hyalina* sp nov. *Mycosphere*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 1014-1027, 2017.
629 Disponível em: <https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/2/5>. Acesso em: 24 nov. 2025.

630 FABBRIS, C. *et al.* Diversity and spatial distribution of phytopathogenic fungi as
631 biological control agents for goosegrass (*Eleusine indica*). *Agriculture*, v. 15, p. 1721,
632 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15161721>.

633 FERNANDES, N. S. R. *et al.* Contribuição ao conhecimento de fungos gasteroides
634 (Agaricomycetes, Basidiomycota) do Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, v. 48, p.
635 e432020, 2021.

636 FERREIRA, L. R. *et al.* Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do eucalipto.
637 Viçosa: Ed. UFV, 2010.

638 FÉLIX, C. *et al.* A temperatura modula o secretoma do fungo fitopatogênico
639 *Lasiodiplodia theobromae*. *Frontiers in Plant Science*, [S. l.], v. 7, 2016. Disponível em:
640 <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01096>. Acesso em: 24 nov. 2025.

641 FÉLIX, C. *et al.* How temperature modulates the expression of pathogenesis-related
642 molecules of the cross-kingdom pathogen *Lasiodiplodia hormozganensis*. *Science of The*
643 *Total Environment*, v. 927, p. 171917, 2024.

644 FÉLIX, C. *et al.* Metabólitos secundários produzidos por cepas de *Lasiodiplodia*
645 *theobromae* cultivadas em videiras a duas temperaturas diferentes. *Mycologia*, [S. l.], v.
646 111, n.3, p.466 476, maio/jun. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00275514.2019.1600342>. Acesso em: 24 nov. 2025.

648 FÉLIX, C. *et al.* Uma análise multiômica do patógeno da videira *Lasiodiplodia*
649 *theobromae* revela que a temperatura afeta a expressão de genes relacionados à virulência
650 e à patogenicidade. *Scientific Reports*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1-15, set. 2019. Disponível em:
651 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49551-w>. Acesso em: 24 nov. 2025.

652 FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:
653 <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

654 FONSECA, L. H. M. *Adenocalymma* in Flora e Funga do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim
655 Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB112397>.
656 Acesso em: 30 jul. 2024.

657 GALEA, Victor J. Use of Stem Implanted Bioherbicide Capsules to Manage an
658 Infestation of *Parkinsonia aculeata* in Northern Australia. *Plants*, [S. l.], v. 10, n. 1909,
659 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10091909>. Acesso em: 2 fev. 2026.

660 GBIF. Taxonomia da Estrutura Base do GBIF. Conjunto de dados da lista de verificação.
661 (*Adenocalymma impressum* (Rusby) Sandwith). 2023. Disponível em:
662 <https://doi.org/10.15468/39omei>. Acesso em: 05 set. 2025.

663 GONÇALVES, J. M. *et al.* Efeito da temperatura no crescimento e esporulação de fungos
664 associados a estromas de lixas do coqueiro, *Cocos nucifera* L. *Ciência Agrícola*, Rio
665 Largo, v. 22, e16222, 2024. DOI: 10.28998/rca.22.16222.

666 GOURA, K. *et al.* Identificação e caracterização de patógenos fúngicos causadores de
667 cancos de tronco e ramos de amendoeiras em Marrocos. *Agronomy*, v. 13, p. 130, 2022.

668 HAYMAN, K. M. *et al.* Influence of pH, agitation speed, and temperature on growth of
669 fungi isolated from Koya, Iraq. *Kuwait Journal of Science*, v. 50, n. 4, p. 657-664, dez.
670 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.kjs.2023.02.036>. Acesso em: 1 dez. 2025.

671 HE, C. *et al.* Caracterização morfológica e molecular de *Lasiodiplodia theobromae*
672 causador da doença da goma do caule em seringueiras e suas estratégias de controle
673 químico. *Microorganisms*, v. 13, n. 7, p. 1586, 2025. DOI:
674 <https://doi.org/10.3390/microorganisms13071586>.

675 HEIDEMANN, A. S. *et al.* Avaliação da estrutura espacial em uma floresta urbana por
676 meio da estimativa da densidade de Kernel. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, v.
677 17, n. 8, p. 01-24, 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Vinicius-](https://www.researchgate.net/profile/Vinicius-Cysneiros/publication/382932466)
678 [Cysneiros/publication/382932466](https://www.researchgate.net/profile/Vinicius-Cysneiros/publication/382932466). Acesso em: 3 maio 2025.

679 HOANG, N. T.; KANEMOTO, K. Mapping the deforestation footprint of nations reveals
680 growing threat to tropical forests. *Nature Ecology & Evolution*, London, v. 5, n. 6, p. 845-
681 853, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01417-z>. Acesso em:
682 3 dez. 2025.

683 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório de produção da
684 silvicultura no Brasil. Brasília: IBÁ, 2024. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso
685 em: 30 jul. 2024.

686 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório de produção da
687 silvicultura no Brasil. Brasília: IBÁ, 2025. Disponível em: <https://www.iba.org/>. Acesso
688 em: 10 jan. 2026.

689 KHAMBHATI, V. H.; CHEN, Z-Y. Integrated Pest Management of *Sclerotinia Stem Rot*
690 in Soybeans: Current Strategies and Future Perspectives. *Journal of Fungi*, [S. l.], v. 11,
691 n. 12, p. 823, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof11120823>. Acesso em: 24
692 nov. 2025.

693 KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

694 KO, Y.-Z.; LIYANAGE, W. K.; SHIH, H.-C.; TSENG, M.-N.; SHIAO, M.-S.; CHIANG,
695 Y.-C. Unveiling Cryptic Species Diversity and Genetic Variation of *Lasiodiplodia*
696 (Botryosphaeriaceae, Botryosphaerales) Infecting Fruit Crops in Taiwan. *Journal of*
697 *Fungi*, [S. l.], v. 9, n. 950, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof9090950>.
698 Acesso em: 2 fev. 2026.

699 LAZAROTTO, M. Identification and characterization of *Fusarium* spp. and
700 *Pestalotiopsis* spp. associated to *Carya illinoensis* in Rio Grande do Sul. 2013. 156 f.
701 Tese (Doutorado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal) – Universidade Federal
702 de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

703 LIMA, J. S. *et al.* Caracterização cultural, morfológica e patogênica de *Lasiodiplodia*
704 *theobromae* associado a frutíferas tropicais. *Summa Phytopathologica*, v. 39, n. 2, p. 81–
705 88, 2013.

706 LI, Y.; WANG, Y.; WANG, H.; SHI, T.; WANG, B. The Genus *Cladosporium*: A
707 prospective producer of natural products. *International Journal of Molecular Sciences*, [s.
708 l.], v. 25, n. 3, p. 1652, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms25031652>.
709 Acesso em: 6 jan. 2026.

710 LIU, F. *et al.* O óxido nitroso atua como um aceptor alternativo de elétrons para a
711 oxidação microbiana de metano em microcosmos com deficiência de oxigênio.
712 *Geoderma*, v. 455, p. 117213, 2025.

713 MEEPAGALA, K. M.; JOHNSON, R. D.; DUKE, S. O. *Curvularin* and
714 *dehydrocurvularin* as phytotoxic constituents from *Curvularia intermedia* infecting
715 *Pandanus amaryllifolius*. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, v. 5, p.
716 12–22, 2016.

717 MSHELLIA, L. P. *et al.* Effect of temperature water activity and carbon dioxide on fungal
718 growth and mycotoxin production of acclimatised isolates of *Fusarium verticillioides* and
719 *Fusarium graminearum*. *Toxins*, v.12, n.8, p. 478-492, 2020. Doi:
720 <https://doi.org/10.3390/toxins12080478>.

721 MILLER, J. D. Micotoxinas em grãos pequenos e milho: problemas antigos, novos
722 desafios. *Food Additives & Contaminants: Part A*, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 219–230, 2008.
723 DOI: <https://doi.org/10.1080/02652030701744520>. Disponível em:
724 <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02652030701744520>. Acesso em: 22 dez.
725 2025.

726 MIRANDA, E. E. de (Coord.). *Brasil em Relevô*. Campinas: Embrapa Monitoramento
727 por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 27
728 nov. 2025.

729 MONTEIRO, B. C. G. C. *et al.* Prediction of land use/land cover and environmental
730 estimation of carbon stocks in the Atlantic forest: A study in the state of Sergipe, Brazil.

731 Cleaner and Circular Bioeconomy, [s. 1.], v. 9, 2024, 100113. Disponível em:
732 <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2024.100113>. Acesso em: 3 dez. 2025.

733 MORIN, L. Progress in biological control of weeds with plant pathogens. Annual Review
734 of Phytopathology, v. 58, n. 1, p. 201–223, 2020. DOI:
735 <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-010820-012823>.

736 MSHELIA, L. P. *et al.* Effect of temperature, water activity and carbon dioxide on fungal
737 growth and mycotoxin production of acclimatised isolates of *Fusarium verticillioides* and
738 *F. graminearum*. Toxins, v. 12, p. 478, 2020.

739 NASCIMENTO, G. M. *et al.* Record of species of macrofungi in fragment of Amazon
740 Forest in the state of Maranhão, Brazil. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 8, p.
741 76520-76536, 2021.

742 NASCIMENTO, J. de M. *et al.* Floristic survey of vines in a Cerrado forest remnant, in
743 the municipality of Caxias. Brazilian Journal of Science, v. 1, n. 4, p. 64–78, 2022.

744 NASCIMENTO, J. B. S. D. P. *et al.* Floristic composition of climbing plants on a humid
745 forest fragment in the Planalto da Ibiapaba, Ceará State, Brazil. Hoehnea, v. 50, p.
746 e312022, 2023.

747 OLIVEIRA, A. B.; SANTOS, K. C.; PEREIRA, A. M. Os novos usos do território pelo
748 agronegócio florestal na microrregião de Imperatriz, Maranhão. Revista Contexto
749 Geográfico, v. 5, n. 9, p. 83–97, 2020.

750 OLIVEIRA, M. F. *et al.* Análise da estrutura horizontal por densidade de Kernel como
751 subsídio ao manejo florestal na Amazônia. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 41, p.
752 e202002098, 2021. DOI: 10.4336/2021.pfb.41e202002098.

753 PEREIRA, F. C. M. *et al.* Interferência de plantas daninhas: conceitos e exemplos na
754 cultura do eucalipto. Journal of Agronomic Sciences, v. 3, n. especial, p. 236–255, 2014.

755 PÉREZ-MIRANDA, S. *et al.* O-CAS, a fast and universal method for siderophore
756 detection. Journal of Microbiological Methods, [Holanda], v. 70, n. 1, p. 127-131, 2007.
757 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2007.03.023>. Acesso em: 24 nov. 2025.

758 PHILLIPS, A. J. L. *et al.* Botryosphaeriaceae: gêneros e espécies conhecidos em cultura.
759 Studies in Mycology, [S. l.], v. 76, n. 1, p. 51-167, set. 2013. Disponível em:
760 <https://doi.org/10.3114/sim0021>. Acesso em: 24 nov. 25.

761 PIATTINO, V. *et al.* *Lasiodiplodia iraniensis* and *Diaporthe* spp. Are Associated with
762 Twig Dieback and Fruit Stem-End Rot of Sweet Orange, *Citrus sinensis*, in Florida.
763 Horticulturae, [S. l.], v. 10, n. 406, 2024. Disponível em:
764 <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040406>. Acesso em: 2 fev. 2026.

765 RAMPERSAD, S. N. Patogenômica e manejo de doenças *Fusarium* em plantas.
766 Pathogens, v. 9, p. 340, 2020.

767 RIZZATTI, M. *et al.* Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel.
768 Metodologias e Aprendizado, v. 3, p. 44–53, 2020. Disponível em:
769 <https://www.researchgate.net/publication/342140410>. Acesso em: 22 abr. 2025.

770 ROCHA, A. B. O. Efeito da luz fluorescente e da radiação UV-C no controle da podridão
771 seca e rhizoctoniose em batata-semente após a colheita. Revista Científica
772 Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 4, p. 155–169, 2019.

773 SHAH, M. D. *et al.* Variabilidade morfológica, patológica e molecular em isolados de
774 *Botryodiplodia theobromae* associados à morte reversa e ao cancro da casca de pereiras
775 em Punjab, Índia. Genetics and Molecular Research, v. 9, p. 1217–1228, 2010.

776 SHI, G. Y. *et al.* Identificação e características biológicas do patógeno causador da
777 podridão parda do ráquis em *Vitis heyneana*. Acta Phytopathologica Sinica, v. 40, p. 242–
778 249, 2010.

779 SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E. Latossolos. Embrapa, 2021. Disponível em: [S.l.].
780 Acesso em: 03. dez. 2025.

781 SUMALATHA, N.; SURESH, V.; KIRAN, G. Uma revisão sobre gomose de manga
782 induzida por *Lasiodiplodia theobromae*. International Journal of Environment and
783 Climate Change, v. 13, p. 2317–2330, 2023.

784 SUN, Zhen; FU, Tongbin. The Evolutionary Trends and Convergence of Cereal Yield in
785 Europe and Central Asia. *Agriculture*, [S. l.], v. 12, n. 1009, 2022. Disponível em:
786 <https://doi.org/10.3390/agriculture12071009>. Acesso em: 2 fev. 2026.

787 SCHMALTZ, S.; WALKER, C.; SILVA, K. S. da; NINAUS, R. G.; DUTRA, C. B.;
788 SCHMIDT, L. A.; ZENI, G.; MAZUTTI, M. A. Production, Purification, and Application
789 of a Biomolecule with Herbicidal Activity Produced by *Fusarium fujikuroi* in Submerged
790 Cultivation. *Fermentation*, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 375, 2025. Disponível em:
791 <https://doi.org/10.3390/fermentation11070375>. Acesso em: 5 jan. 2026.

792 VINNIKOVA, O. I. Long-lasting effects of red and blue light exposure on the growth of
793 soil fungi. *Acta Biol Szeged*, v. 64, n. 1, p. 25-36, out. 2020. Disponível em:
794 <https://abs.ek.szte.hu/index.php/abs/article/view/3125>. Acesso em: 28 nov. 2025.

795 WANG, A. *et al.* Visão metagenômica do impacto dos nutrientes do solo e da estrutura
796 da comunidade microbiana nas emissões de gases de efeito estufa: um estudo de caso no
797 modo de cocultivo de arroz gigante e peixe. *Agronomy*, v. 15, n. 8, p. 1982, 2025. DOI:
798 <https://doi.org/10.3390/agronomy15081982>.

799 WU, C. *et al.* Comparative transcriptome analysis reveals the regulation of growth
800 activity in *Poria cocos* under different light duration stimulations. *Genes*, v. 16, n. 12, p.
801 1404, 2025. DOI: 10.3390/genes16121404.

802 XIE, C. *et al.* Comparative transcriptomics of *Pleurotus eryngii* reveals blue-light
803 regulation of carbohydrate-active enzymes (CAZymes) expression at primordium
804 differentiated into fruiting body stage. *Genomics*, v. 110, n. 3, p. 201-209, jun. 2018.
805 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2017.09.012>. Acesso em: 1 dez. 2025.

806 XIE, H. H. *et al.* Regularity of occurrence of mulberry root rot caused by a pathogenic
807 fungus and the effects of illumination on the growth of the pathogen. *Scientia Sericultura*,
808 [s. l.], v. 42, n. 1, p. 45-52, 2016. Disponível em:
809 <http://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=667902349>. Acesso em: 9 jan. 2026.

810 YAN, J. Y. *et al.* Comparative genome and transcriptome analyses reveal adaptations to
811 opportunistic infections in woody plant degrading pathogens of Botryosphaeriaceae.
812 *DNA Research*, v. 25, n. 1, p. 87-102, 2018.

813 YANG, X. *et al.* Características das emissões de gases de efeito estufa de solos agrícolas
814 com base em um modelo de equação estrutural: mecanismo de regulação do biochar.
815 Environmental Research, v. 206, p. 112303, 2022.

816

817

Capítulo 2

818

Teste preliminar de agressividade de isolados fúngicos para o controle de

819

Adenocalymma impressum

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838 1. Resumo

839 Este estudo investiga o potencial de fungos fitopatogênicos como agentes de controle
840 biológico da planta daninha *Adenocalymma impressum* (cipó-preto) em plantios de
841 *Eucalyptus* sp. no Maranhão. A espécie é nativa da Amazônia, mas tornou-se um desafio
842 silvicultural crítico, elevando custos operacionais e comprometendo a segurança na
843 colheita mecanizada devido à interferência na queda das árvores e à sua resistência a
844 herbicidas químicos convencionais. A metodologia consistiu na coleta de plantas
845 sintomáticas no campo, resultando no isolamento de 124 microrganismos. Após testes
846 iniciais de patogenicidade no hospedeiro e avaliações de especificidade em quatro clones
847 de eucalipto (visando descartar patógenos que afetassem a cultura de interesse), 23
848 isolados foram selecionados. Estes foram submetidos a ensaios de agressividade
849 preliminar utilizando suspensão micelial aplicada via pincelamento. Os resultados
850 revelaram oito isolados altamente agressivos, pertencentes aos gêneros *Lasiodiplodia* sp.
851 (4 isolados), *Corynespora* sp. (1), *Fusarium* sp. (1), *Bipolaris* sp. (1) e *Nigrospora* sp.
852 (1). O gênero *Lasiodiplodia*, em particular, é sustentado pela literatura e por um produto
853 comercial existente (Di-Bark®) como um agente de biocontrole promissor. O estudo
854 concluiu que os isolados selecionados possuem viabilidade técnica para o
855 desenvolvimento de bioherbicidas, sugerindo etapas futuras de padronização de biomassa
856 fúngica e testes de compatibilidade com herbicidas comerciais (Topinan, Outliner e
857 Scout) para integração ao manejo florestal sustentável.

858 Palavras chaves: Controle biológico. Sustentabilidade. Agressividade. Suspensão
859 micelial.

860

861 2. Introdução

862 A espécie *Adenocalymma impressum* (Bignoniaceae), conhecida como cipó preto é
863 uma planta de hábito lianescente nativa do bioma Amazônico (Flora do Brasil, 2020).
864 Como espécie nativa, *A. impressum* tem se destacado diante do avanço da silvicultura nas
865 regiões Norte e Nordeste do Brasil, ocupando cerca de 600.000 hectares de eucalipto e
866 representado um desafio de controle silvicultural, uma vez que sua presença nos talhões
867 interfere diretamente no manejo operacional e na eficiência das atividades de campo
868 (Silva, 2013). Sua presença nos talhões tem elevado os custos operacionais, além de

869 implicar em alerta para a segurança dos operadores de colheita, uma vez que sua presença,
870 impede o direcionamento da queda das árvores colhidas (Silva, 2013).

871 Tradicionalmente, o controle de espécies daninhas tem sido realizado por meio da
872 aplicação intensiva de herbicidas químicos, cuja eficácia pode ser comprometida pela
873 resistência de alguns biótipos, além de representar riscos ambientais e à saúde humana
874 (Kole *et al.*, 2019). Atualmente 273 espécies de plantas daninhas apresentam algum tipo
875 de resistência (Montull *et al.*, 2023). É o controle manual têm facilitado a dispersão dessa
876 planta já que a mesma possui propagação vegetativa efetiva.

877 Neste cenário, o controle biológico surge como uma alternativa promissora para o
878 manejo na silvicultura. Historicamente, os registros dessa prática no setor florestal
879 remontam ao início do século XX, com a introdução de predadores para o controle de
880 *Eriococcus coriaceus* em plantios de eucalipto na Nova Zelândia, além do uso de
881 parasitoides de ovos contra o besouro *Gonipterus scutellatus* (Barbosa *et al.*, 2021). No
882 Brasil, essa estratégia consolidou-se no combate a lepidópteros desfolhadores (Zanuncio
883 *et al.*, 2006) e, mais recentemente, no manejo do percevejo-bronzeado (*Thaumastocoris*
884 *peregrinus*) por meio da introdução do parasitoide *Cleruchoides noackae* (Hymenoptera:
885 Mymaridae) (Barbosa *et al.*, 2021).

886 Outro exemplo de sucesso é o uso de *Selitrichodes neseri* (Hymenoptera: Eulophidae)
887 para o controle da vespa-da-gala, *Leptocybe invasa* (Barbosa *et al.*, 2021). Contudo,
888 apesar do avanço no controle de insetos-praga, observa-se uma escassez de estudos
889 voltados especificamente ao controle biológico de plantas daninhas em áreas florestais,
890 evidenciando a necessidade de pesquisas que explorem o potencial de agentes
891 patogênicos.

892 Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a agressividade de 23 isolados
893 de fungos fitopatogênicos obtidos de *A. impressum*. Os testes seguiram o princípio do
894 controle biológico inundativo, visando determinar o potencial desses agentes no controle
895 da referida planta daninha.

896

897 **3. Material e métodos**

898

899 **3.1 Caracterização da área de estudo**

900

901 A coleta de indivíduos de cipó preto com sintomas de doenças ocorreu no estado do
902 Maranhão. No Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Universidade Federal de
903 Uberlândia (UFU/Campus Monte Carmelo), procedeu-se ao isolamento direto e indireto
904 dos microrganismos, seguindo a metodologia de Alfenas e Mafia (2016). Foram obtidos
905 124 isolados, (item 2.2) os quais foram submetidos a testes de patogenicidade no cipó
906 hospedeiro utilizando o método de disco de micélio (Fabbris *et al.*, 2025).

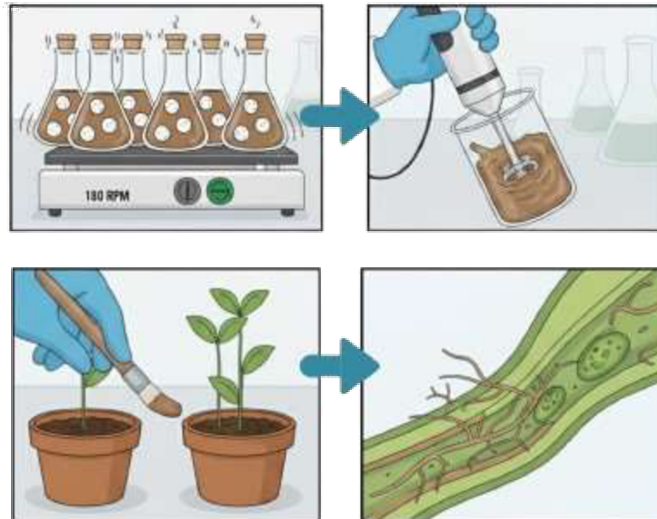
907 Os isolados patogênicos ao cipó foram, em seguida, testados em quatro clones de
908 *Eucalyptus* sp. (clones A, B, C e D) para verificar a especificidade. Aqueles que
909 apresentaram patogenicidade ao eucalipto foram descartados. Ao final desta etapa,
910 selecionou-se 23 isolados para a avaliação de agressividade ao cipó, conforme detalhado
911 na metodologia do item 2.3.

912 **3.2 Isolados utilizados**

913 Os isolados coletados foram prospectados como potenciais agentes de controle
914 biológico da planta daninha *Adenocalymma impressum*. Ao todo, foram identificados 124
915 isolados distribuídos entre diferentes gêneros fúngicos: *Alternaria* spp. (8), *Aspergillus*
916 sp. (1), *Bipolaris* spp. (2), *Cercospora* spp. (4), *Cladosporium* spp. (5), *Coelomycete* sp.
917 (1), *Colletotrichum* spp. (3), *Corynespora* spp. (3), *Curvularia* spp. (4), *Dreschlera* sp.
918 (1), *Fusarium* spp. (34), *Lasiodiplodia* spp. (3), *Phoma* spp. (3), *Rhizoctonia* spp. (3),
919 *Periconia* sp. (1), *Phaeodidymum* sp. (1), *Phaeophragmum* sp. (1) e 45 isolados não
920 identificados. *Nigrospora* sp. (1)

921 **3.3 Teste de agressividade preliminar**

922 O teste de agressividade consistiu na seleção visual dos isolados que promoveram
923 sintomas mais severos em plantas de cipó-preto em menor intervalo de tempo. Os isolados
924 previamente selecionados foram submetidos ao ensaio de agressividade utilizando
925 suspensão micelial para as inoculações. Para tal, cada isolado foi cultivado em meio
926 líquido Batata-Dextrose (BD) e incubado em agitador orbital (shaker) à 180 rpm, por um
927 período de sete dias. Posteriormente, a suspensão obtida foi homogeneizada com auxílio
928 de mixer, sendo adicionados 100 µL de Tween para cada 100 mL de suspensão, a fim de
929 reduzir a tensão superficial da suspensão. A aplicação das suspensões nas plantas foi
930 realizada com auxílio de pincel. As plantas foram avaliadas visualmente durante sete dias
931 consecutivos e registradas fotograficamente (Figura 1).



932

933 Figura 1: Ilustração esquemática do teste preliminar de agressividade. Fonte: Autores
934 (2026).

935

936 4. Resultados

937 Dos 23 isolados testados, oito foram agressivos para o cipó (Figura 2). Os isolados
938 foram *Lasiodiplodia* sp. (SCNI67, SC-35, SCNI-17, SCNI-18), *Corynespora* sp. (SCNI-
939 52), *Fusarium* sp. (SCNI-48), *Bipolaris* sp. (SCNI-74), *Nigrospora* sp. (SCNI-77).



940

941 Figura 2. A) *Lasiodiplodia* sp. (SCNI67). B) *Lasiodiplodia* sp., (SC-35). C) *Lasiodiplodia*

942 sp. (SCNI-17). D) *Lasiodiplodia* sp., (SCNI-18). E) *Corynespora* sp. (SCNI-52), F)

943 *Fusarium* sp. (SCNI-48), G) *Bipolaris* sp. (SCNI-74), H) *Nigrospora* sp. (SCNI-77).

944 Fonte: Autora: 2026.

945 Com base nesses resultados, procederemos ao novo teste de agressividade, que
946 envolverá a padronização da concentração da suspensão micelial dos oito isolados. A
947 etapa subsequente consistirá na remoção do sobrenadante e na calibração da biomassa
948 fúngica. Adicionalmente, será realizado um ensaio de compatibilidade entre os isolados
949 e os herbicidas utilizados pela empresa Suzano (Topinan, Outliner e Scout), visando
950 avaliar a viabilidade da aplicação conjunta desses agentes no manejo do cipó-preto.

951

952 **5. Discussão**

953 Diante do crescimento demográfico global, estima-se que a população mundial atinja
954 9,7 bilhões de pessoas em 2050 (United Nations, 2019). Esse cenário impõe o desafio de
955 atender às crescentes demandas por alimentos e produtos madeiros, tornando
956 imperativa a busca por herbicidas sustentáveis que minimizem danos ambientais (Deng,
957 2022). No setor de silvicultura, há uma lacuna crítica de pesquisas voltadas ao controle
958 de plantas daninhas, especialmente para a espécie *Adenocalymma impressum*, para a qual
959 não existem produtos registrados no mercado. Nesse contexto, esta pesquisa oferece uma
960 contribuição inédita e por meio de testes de agressividade, foi possível realizar uma
961 seleção criteriosa de 23 isolados fúngicos, afunilando-os para os oito mais promissores
962 que darão continuidade a futuros experimentos.

963 O gênero *Lasiodiplodia* (família Botryosphaeriaceae) destaca-se como um importante
964 patógeno agrícola (Ko *et al.*, 2026), com virulência comprovada em diversas culturas,
965 como a videira (Correia *et al.*, 2016) e variedades de citros, incluindo as tangerinas
966 Satsuma, Ponkan e Nanfeng, além da laranja-açúcar (Chen *et al.*, 2021). A viabilidade
967 desse gênero como bioherbicida já é corroborada pelo produto comercial Di-Bark®, cuja
968 formulação contém as espécies *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Neoscytalidium*
969 *novaehollandiae* e *Macrophomina phaseolina* (Morin, 2020; Fabbris, 2025). Registrado
970 na Austrália desde 2018 para o controle da invasora *Parkinsonia aculeata*, o Di-Bark®
971 valida o uso de *Lasiodiplodia* sp. como agente de biocontrole (Morin, 2020). Assim, os
972 resultados aqui obtidos não apenas demonstram a eficácia do isolado sobre o cipó-preto,
973 mas também reforçam a viabilidade técnica e comercial de futuros produtos biológicos
974 para áreas de cultivo de *Eucalyptus* sp.

975 Outro microrganismo de interesse é *Corynespora* sp., um fungo endofítico (Kubayi
976 *et al.*, 2025) da família Ascomycota. Embora relatado como causador de desfolha em
977 seringueiras (Yang *et al.*, 2022) e mancha-alvo em pepinos, sua biologia apresenta
978 particularidades relevantes, como a mutação G143A na proteína citocromo b (Cyt b), que

979 confere resistência a fungicidas QoI (Li *et al.*, 2021). Além do potencial patogênico, este
980 fungo possui propriedades antimicrobianas e enzimas capazes de degradar componentes
981 estruturais de materiais lignocelulósicos, apresentando aplicações na biossíntese de
982 compostos e remoção de corantes industriais (Kubayi *et al.*, 2025).

983 O gênero *Fusarium*, por sua vez, é reconhecido como o maior produtor de
984 micotoxinas, como zearalenona, fumonisinas e beauvericina (Podgórska-Kryszczuk;
985 Solarska; Kordowska-Wiater, 2022). Apesar de ser um competidor agressivo em diversas
986 culturas, possui alto potencial para o biocontrole devido à sua especificidade e
987 sobrevivência saprofítica no solo (Sharma; Marques, 2018). Estudos demonstram, por
988 exemplo, a eficácia de *F. incarnatum* no controle da cochonilha *Dactylopius opuntiae*
989 quando associado a extratos de *Ricinus communis* e *Poincianella pyramidalis* (Santos *et*
990 *al.*, 2016).

991 Complementarmente, o gênero *Bipolaris* engloba mais de 100 espécies conhecidas
992 por causar doenças em gramíneas, como manchas foliares e podridões radiculares
993 (Bengyella *et al.*, 2018). Recentemente, observou-se que metabólitos extraídos de
994 *Bipolaris cookei* inibiram a germinação de *Amaranthus retroflexus* (Li *et al.*, 2024),
995 evidenciando seu potencial herbicida. Por fim, o gênero endofítico *Nigrospora* também
996 demonstra relevância biotecnológica. O cultivo consorciado de *Nigrospora oryzae* com
997 *Beauveria bassiana* resultou na descoberta de azaphilonas, substâncias com atividade
998 antifúngica seletiva e potencial inibidor de óxido nítrico (Zhang *et al.*, 2018). A análise
999 conjunta desses gêneros *Lasiodiplodia* sp., *Fusarium* sp., *Nigrospora* sp. e *Bipolaris* sp.,
1000 fundamenta a estratégia de seleção de agentes biológicos para o controle de *A. impressum*.

1001 6. Referências

1002 ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. Métodos em fitopatologia. 2. ed. Viçosa: Editora UFV,
1003 2016. v. 1. 516 p.

1004 BARBOSA, L. R.; CASTRO, B. M. de C.; SOLIMAN, E. P.; WILCKEN, C. F.; IEDE,
1005 E. T.; ZANUNCIO, J. C. Controle biológico no MIP florestal. In: LEMES, P. G.;
1006 ZANUNCIO, J. C. (ed.). Novo manual de pragas florestais brasileiras. Montes Claros:
1007 Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, 2021. p. 147-163.

1008 BENGYELLA, L.; YEKWA, E. L.; NAWAZ, K.; IFTIKHAR, S.; TAMBO, E.;
1009 ALISOLTANI, A.; FETO, N. A.; ROY, P. Global invasive *Cochliobolus* species: cohort
1010 of destroyers with implications in food losses and insecurity in the twenty-first century.
1011 Archives of Microbiology, [s. l.], v. 200, n. 1, p. 119-135, Jan. 2018. Disponível em:
1012 <https://doi.org/10.1007/s00203-017-1427-4>. Acesso em: 9 jan. 2026.

- 1013 CORREIA, K. C.; SILVA, M. A.; MORAIS JUNIOR, M. A.; ARMENGOL, J.;
1014 PHILLIPS, A. J. L.; CÂMARA, M. P. S.; MICHEREFF, S. J. Phylogeny, distribution
1015 and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with papaya fruit rot in Brazil.
1016 Plant Pathology, [s. l.], v. 65, n. 1, p. 92-103, 2016.
- 1017 CHEN, J.; ZHU, Z.; FU, Y.; CHENG, J.; XIE, J.; LIN, Y. Identification of *Lasiodiplodia*
1018 *pseudotheobromae* Causing Fruit Rot of Citrus in China. Plants, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 202,
1019 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10020202>. Acesso em: 8 jan. 2026.
- 1020 DENG, X. A Mini-Review on Natural Safeners: Chemistry, Uses, Modes of Action and
1021 Limitations. Plants, [s. l.], v. 11, n. 24, p. 3509, Dec. 2022. Disponível em:
1022 <https://doi.org/10.3390/plants11243509>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1023 FABBRIS, C. et al. Diversity and spatial distribution of phytopathogenic fungi as
1024 biological control agents for goosegrass (*Eleusine indica*). Agriculture, v. 15, p. 1721,
1025 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15161721>.
- 1026 FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:
1027 <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 07 jan. 2026.
- 1028 INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Relatório de produção da
1029 silvicultura no Brasil. Brasília: IBÁ, 2025. Disponível em: [https://iba.org/wp-](https://iba.org/wp-content/uploads/2025/10/IBA_relatorio_digital_POR.pdf)
1030 [content/uploads/2025/10/IBA_relatorio_digital_POR.pdf](https://iba.org/wp-content/uploads/2025/10/IBA_relatorio_digital_POR.pdf). Acesso em: 7 jan. 2026.
- 1031 KO, Y.-Z.; LIYANAGE, W. K.; SHIH, H.-C.; TSENG, M.-N.; SHIAO, M.-S.; CHIANG,
1032 Y.-C. Unveiling Cryptic Species Diversity and Genetic Variation of *Lasiodiplodia*
1033 (Botryosphaeriaceae, Botryosphaeriales) Infecting Fruit Crops in Taiwan. Journal of
1034 Fungi, [s. l.], v. 9, n. 9, p. 950, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof9090950>.
1035 Acesso em: 8 jan. 2026.
- 1036 KUBAYI, S.; MAKOLA, R. T.; DITHEBE, K. Exploring the Antimicrobial, Antioxidant
1037 and Extracellular Enzymatic Activities of Culturable Endophytic Fungi Isolated from the
1038 Leaves of *Kirkia acuminata* Oliv. Microorganisms, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 692, mar. 2025.
1039 Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microorganisms13030692>. Acesso em: 9 jan.
1040 2026.
- 1041 LI, X.; LI, C.; LI, G.; ZHU, J.; LIU, F.; JIANG, L.; MU, W.; LIU, X. Detection of a Point
1042 Mutation (G143A) in Cyt b of *Corynespora cassiicola* That Confers Pyraclostrobin
1043 Resistance. Horticulturae, [s. l.], v. 7, n. 6, p. 155, jun. 2021. Disponível em:
1044 <https://doi.org/10.3390/horticulturae7060155>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1045 LI, H.; HOU, J.; LI, B.; ZHANG, L.; YU, Z. A Phytotoxin with Selective Herbicidal
1046 Activity and Related Metabolites from the Phytopathogenic Fungus *Bipolaris cookei*
1047 SYBL03. Molecules, [s. l.], v. 29, n. 13, p. 3040, jul. 2024. Disponível em:
1048 <https://doi.org/10.3390/molecules29133040>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1049 MONZOLI, J. V. L.; UDULUTSCH, R. G. As Bignoniaceae do Parque Estadual do
1050 Guartelá, Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. Hoehnea, São Paulo, v. 48, p. e042021, 2021.

- 1051 MORIN, L. Progress in biological control of weeds with plant pathogens. *Annual Review*
1052 *of Phytopathology*, v. 58, n. 1, p. 201–223, 2020. DOI: [http://dx.doi.org/10.1146/annurev-](http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-010820-012823)
1053 [phyto-010820-012823](http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-010820-012823).
- 1054 PODGÓRSKA-KRYSZCZUK, I.; SOLARSKA, E.; KORDOWSKA-WIATER, M.
1055 Biological Control of *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* and *Fusarium poae*
1056 by Antagonistic Yeasts. *Pathogens*, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 86, jan. 2022. Disponível em:
1057 <https://doi.org/10.3390/pathogens11010086>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1058 SAENSOUK, S.; SAENSOUK, P.; BOONMA, T.; RAKARCHA, S.;
1059 CHANTHAVONGSA, K.; PIWPUAN, N.; JITPROMMA, T. From Ornamental Beauty
1060 to Economic and Horticultural Significance: Species Diversity and Ethnobotany of
1061 Bignoniaceae in Maha Sarakham Province, Thailand. *Horticulturae*, [s. l.], v. 11, n. 7, p.
1062 841, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae11070841>. Acesso em: 7
1063 jan. 2026.
- 1064 SANTOS, A. C. da S.; OLIVEIRA, R. L. S.; COSTA, A. F. da; SILVA, I. P. da;
1065 ARAÚJO, J. M. de; CAVALCANTI, M. S. Controle de *Dactylopius opuntiae* com
1066 complexo de espécies *Fusarium incarnatum* – equiseti e extratos de *Ricinus communis* e
1067 *Poincianella pyramidalis*. *Journal of Pest Science*, [s. l.], v. 89, n. 2, p. 539-547, jun. 2016.
1068 Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1069 SILVA, J. L. Identificação dos riscos associados ao corte semimecanizado na conversão
1070 de áreas, para implantação de florestas comerciais. 2013. Monografia (Especialização em
1071 Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
1072 Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC, Curitiba, 2013.
- 1073 SHARMA, L.; MARQUES, G. *Fusarium*, an Entomopathogen—A Myth or Reality?
1074 *Pathogens*, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 93, dez. 2018. Disponível em:
1075 <https://doi.org/10.3390/pathogens7040093>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1076 UNITED NATIONS. *World Population Prospects 2019: Highlights*. New York: United
1077 Nations, 2019. (ST/ESA/SER.A/423).
- 1078 YANG, X.; GUO, Z.; YANG, Y.; ABULAIZI, A.; XIONG, Z.; ZHANG, S.; LI, B.;
1079 HUANG, G. Isolation and Identification of Secondary Metabolites Produced by
1080 Phytopathogenic Fungus *Corynespora cassiicola* from *Hevea brasiliensis*. *Molecules*
1081 2022, 27, 7360. <https://doi.org/10.3390/molecules27217360>
- 1082 ZANUNCIO, J. C.; LEMOS, W. P.; LACERDA, M. C.; ZANUNCIO, T. V.; SERRÃO,
1083 J. E.; BAUCE, E. Age-dependent fecundity and fertility life tables of the predator
1084 *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) under field conditions. *Journal of*
1085 *Economic Entomology*, [s. l.], v. 99, n. 2, p. 401-407, 2006.
- 1086 ZHANG, Z.-X.; YANG, X.-Q.; ZHOU, Q.-Y.; WANG, B.-Y.; HU, M.; YANG, Y.-B.;
1087 ZHOU, H.; DING, Z.-T. New Azaphilones from *Nigrospora oryzae* Co-Cultured with
1088 *Beauveria bassiana*. *Molecules*, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1816, jul. 2018. Disponível em:
1089 <https://doi.org/10.3390/molecules23071816>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- 1090

1091 **Conclusões gerais**

- 1092 • O isolado SC-35 (*Lasiodiplodia theobromae*) consolidou-se como o candidato ideal para
1093 o desenvolvimento de um bioherbicida, apresentando necrose severa em apenas 48 horas
1094 após a inoculação.
- 1095 • Além da agressividade foliar, este fungo demonstrou patogenicidade radicular, causando
1096 necrose interna nos tecidos das raízes da liana após 30 dias.
- 1097 • A pesquisa confirmou a especificidade de hospedeiro dos isolados mais promissores. O
1098 SC-35, embora letal para a cipó, demonstrou total ausência de sintomas em quatro clones
1099 diferentes de *Eucalyptus* sp., garantindo segurança para as plantações comerciais.
- 1100 • O isolado SCNI-34 (*Phoma* sp.) foi descartado como agente de controle por ter induzido
1101 necrose nas folhas de eucalipto durante os testes.
- 1102 • A partir de uma biblioteca inicial de 124 isolados, o estudo afinou a seleção para os 8
1103 agentes mais agressivos, pertencentes aos gêneros *Lasiodiplodia* sp., *Corynespora* sp.,
1104 *Fusarium* sp., *Bipolaris* sp. e *Nigrospora* sp.
- 1105 • O uso de suspensão micelial aplicada via pincelamento provou ser um método eficaz para
1106 avaliar a agressividade preliminar desses patógenos.
- 1107 • Os resultados reforçam que o uso de fitopatógenos endêmicos adaptados às condições
1108 climáticas locais (como as altas temperaturas do Maranhão) aumenta as chances de
1109 sucesso do biocontrole em condições de campo.
- 1110 • A integração desses agentes biológicos pode reduzir a dependência de herbicidas
1111 químicos (aos quais a liana já apresenta resistência) e diminuir os altos custos e riscos da
1112 remoção mecânica manual.