

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LETICIA ALVES DA SILVA – 32011EFL009

**Potencial de *Bipolaris crotonis* como agente de controle biológico do Capim-
pé-de-galinha (*Eleusine indica*) (TCC 2)**

MONTE CARMELO – MG

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

LETICIA ALVES DA SILVA – 32011EFL009

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

MONTE CARMELO – MG

2026

LETICIA ALVES DA SILVA

Potencial de *Bipolaris crotonis* como agente de controle biológico do Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) (TCC 2)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Monte Carmelo, 12 de Agosto de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE LUIZ FIRMINO**
Data: 12/08/2026 21:53:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Luiz Firmino

Orientador

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO GARCIA**
Data: 07/08/2026 14:26:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Fernando Garcia

Membro da banca

Documento assinado digitalmente
 **DANIEL HENRIQUE RIBEIRO**
Data: 07/08/2026 14:59:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniel Henrique Ribeiro

Membro da banca

MONTE CARMELO

2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos Orixás, Deus e a todas as entidades que, estiveram ao meu lado guiando meus caminhos, me fortalecendo e me protegendo.

Agradeço a minha mãe Priscilla por sempre me apoiar nas minhas escolhas, por me ensinar a ser forte, por me incentivar a seguir em frente e conquistar meus objetivos, por mais difíceis e assustadores que fossem.

Agradeço ao meu pai Douglas por me incentivar a sempre buscar o melhor me mostrando diferentes modos de enxergar as coisas e pela disposição em sempre me ajudar com os trabalhos.

Agradeço a minha avó materna Sônia por mostrar que eu sempre pude realizar tudo que eu almejei e por sempre estar ao meu lado, demonstrando que tem orgulho de mim.

Agradeço a minha avó paterna Alice por me apoiar como pode e por demonstrar orgulho, felicidade e incentivo aos meus estudos.

Agradeço ao meu falecido avô José por me mostrar a humildade, a perseverança e a como ser uma pessoa melhor com pequenos gestos.

Agradeço as minhas irmãs Carolina, Isabella e Manuella por me incentivarem em nos momentos de saudade, por acreditarem em mim e por demonstrarem seu amor mesmo estando distantes.

Agradeço ao padrasto Claudio por sempre me apoiar de forma divertida e me incentivar a continuar.

Agradeço aos meus amigos e colegas que sempre me incentivaram nos momentos de fraqueza me ajudando a seguir em frente e a finalizar meus objetivos.

Agradeço ao meu orientador André por reconhecer meu potencial e por me proporcionar uma oportunidade que resultou em um período de aprendizado e crescimento. Agradeço pela paciência e por todo conhecimento que me foi transmitido.

Agradeço ao Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF) por todo o suporte para o desenvolvimento do meu projeto. Agradeço pelo apoio e pelas amizades adquiridas lá.

Finalmente, agradeço a Universidade Federal de Uberlândia, local onde pude me desenvolver não só intelectualmente, como emocionalmente.

RESUMO

O capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) é uma importante planta daninha em sistemas agrícolas, apresentando elevada capacidade de adaptação e diversos casos de resistência a herbicidas. Diante desse cenário, o controle biológico surge como uma alternativa promissora no manejo integrado de plantas daninhas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do fungo *Bipolaris crotonis* como agente de controle biológico de *E. indica*. O isolado fúngico foi obtido a partir de sementes da planta-alvo coletadas no município de Monte Carmelo, MG, sendo posteriormente isolado, caracterizado morfológicamente e identificado por meio de análises moleculares das regiões ITS e LSU do rDNA. A patogenicidade foi avaliada por meio da inoculação de discos de micélio em plantas sadias, permitindo a confirmação dos postulados de Koch. Posteriormente, o potencial bioherbicida foi testado pela aplicação de uma suspensão de conídios produzida em meio bifásico, ajustada para a concentração aproximada de 1×10^6 conídios mL⁻¹. As plantas inoculadas apresentaram desenvolvimento progressivo de lesões necróticas foliares, evoluindo para a morte das plantas. Ao final do período de avaliação, foi observado um índice médio de controle de aproximadamente 83%, classificado como “bom” segundo a escala da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. Além disso, este estudo representa o primeiro registro de *Bipolaris crotonis* associado a *Eleusine indica* no Brasil, ampliando o conhecimento sobre a distribuição geográfica desse patógeno. Os resultados indicam que *B. crotonis* apresenta potencial promissor como bioherbicida, podendo futuramente integrar estratégias de manejo integrado de plantas daninhas, contribuindo para a redução da dependência de herbicidas químicos em sistemas agrícolas e florestais.

Palavras-chave: Bioherbicida; Manejo integrado; Fitossanidade

ABSTRAT

Goosegrass (*Eleusine indica*) is a widely distributed weed in agricultural and forest production systems, characterized by high competitive ability and increasing reports of resistance to chemical herbicides. This scenario has intensified the search for alternative control methods, especially biological control strategies. The present study aimed to evaluate the potential of the fungus *Bipolaris crotonis* as a biological control agent against *E. indica*. The fungal isolate was obtained from seeds of the target weed showing disease symptoms, collected in the municipality of Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil. Morphological and molecular analyses were performed to confirm the identity of the isolate. Pathogenicity was assessed through inoculation of mycelial discs onto healthy plants, fulfilling Koch's postulates. Subsequently, the biocontrol potential of the fungus was evaluated through the application of a conidial suspension produced in a biphasic medium, at a concentration of approximately 1×10^6 conidia mL⁻¹. Inoculated plants showed progressive development of necrotic leaf lesions, ultimately leading to plant death. At the end of the evaluation period, an average control rate of approximately 83% was observed, classified as "good" according to the scale proposed by the Brazilian Society of Weed Science. Additionally, this study represents the first record of *Bipolaris crotonis* associated with *Eleusine indica* in Brazil, expanding current knowledge on the geographic distribution of this pathogen. The results indicate that *B. crotonis* shows promising potential as a bioherbicide and may be incorporated into integrated weed management strategies, contributing to the reduction of reliance on chemical herbicides in agricultural and forest systems.

Ke ywords: Bioherbicide; Integrated management; Phytosanitary control

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. JUSTIFICATIVA	11
3. OBJETIVO	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. LEVANTAMENTO DO FUNGO FITOPATOGÊNICO ASSOCIADO A PLANTA-ALVO	12
4.2. PROCESSAMENTO: PREPARO DE LÂMINAS, ISOLAMENTO E ARMAZENAMENTO DO FUNGO	12
4.3. ESTUDO TAXONÔMICO	13
4.4. CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR	13
4.5. TESTE DE PATOGENICIDADE	14
4.6. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO FUNGO PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DA PLANTA ALVO	15
4.6.1. PRODUÇÃO DE INÓCULO EM MEIO BIFÁSICO	15
4.6.2. OBTENÇÃO DE SEMENTES	16
4.6.3. DESINFESTAÇÃO DAS SEMENTES	17
4.6.4. INOCULAÇÃO COM SUSPENSÃO DE CONÍDIOS	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.2. CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR	18
5.3. TESTE DE PATOGENICIDADE	19
5.4. INOCULAÇÃO COM SUSPENSÃO DE CONÍDIOS	20
6. CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O termo planta daninha é utilizado para designar plantas consideradas indesejáveis por interferirem nas atividades humanas, além de afetarem a qualidade de vida e o ambiente (PITELLI, 2015). De acordo com Carvalho (2013), planta daninha pode ser definida como qualquer planta que cresce espontaneamente em áreas de atividade humana e que causa prejuízos a essas atividades. Dessa forma, o conceito de planta daninha está relacionado a qualquer espécie vegetal que, em determinado contexto, interfira negativamente nas atividades realizadas pelo homem.

As plantas daninhas surgiram juntamente com o início da atividade agrícola, quando o homem separava as plantas de interesse, no caso as cultivares, das plantas que causavam danos, as plantas daninhas. Nesse processo, o próprio homem tornou-se responsável tanto pela evolução das cultivares como pelas plantas daninhas (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011). A evolução das plantas daninhas pode ser explicada mediante a três teorias, espécies selvagens que se adaptaram e foram selecionadas em ambientes constantemente perturbados; hibridações entre espécies selvagens e raças cultivadas de espécies domesticadas; e espécies que foram abandonadas no processo de domesticação (BAKER, 1974 citado por BRIGHENTI; DE OLIVEIRA, 2011).

Os impactos negativos causados pelas plantas daninhas não se restringiram apenas aos sistemas agrícolas, mas também afetam atividades florestais, a pecuária, ornamentais, náuticos e relacionados a produção de energia. Esses impactos podem resultar em problemas como redução da produtividade e do valor da terra e perda da produtividade agrícola (CARVALHO, 2013). Entre os danos diretos destaca-se a competição com as cultivares de interesse, uma vez que as plantas daninhas apresentam elevada rusticidade e características que favorecem sua competitividade, como a produção de grande quantidade de sementes, rápida passagem da fase vegetativa para reprodutiva e elevada capacidade de dispersão. Outro dano direto refere-se à redução qualidade do produto colhido, como ocorre na depreciação da qualidade de fibras vegetais devido a diásporos de plantas daninhas. Além disso, a intoxicação de animais domésticos devido a ingestão de plantas daninhas tóxicas também pode ser considerado um impacto relevante. (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012; PITELLI, 2015).

A alelopatia também é uma característica presente em algumas espécies de plantas daninhas, podendo afetar negativamente as culturas agrícolas. Esse fenômeno ocorre devido a liberação de compostos químicos no ambiente que ocasionam prejuízos no crescimento,

desenvolvimento e produtividade das plantas cultivadas. Entre os danos indiretos destaca-se a atuação das plantas daninhas como hospedeiros alternativos de pragas e patógenos (VASCONSELOS; SILVA; LIMA, 2012).

Diante dos diversos danos causados pelas plantas daninhas às cultivares seu controle tornou-se fundamental no processo estabelecimento e manutenção das culturas. Nesse contexto os métodos de controle das plantas daninhas podem ser classificados em controle cultural, mecanizado, físico, biológico e químico. Entre esses métodos, o controle químico principalmente por meio da utilização de herbicidas é o mais amplamente empregado (FARIAS, 2019). De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em 2022 os herbicidas representavam 61,49% da quantidade comercializada de produtos formulados considerando-se a classe de uso.

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas é resultado de um processo evolutivo, no qual o herbicida não atua como o agente causador da resistência, mas como o fator de seleção de indivíduos naturalmente resistentes, presentes em baixa frequência inicial (CHRITOFFOLETI.; VICTORIA FILHO; SILVA, 1994). Em outras palavras, a resistência é capacidade de um indivíduo de sobreviver a dose registrada de um herbicida, que normalmente controla grande maioria dos indivíduos da mesma população (VARGAS; ROMAN, 2006). Essa resistência pode ocorrer por diferentes mecanismos, entre os quais se destacam a alteração de local de ação, o aumento da capacidade de metabolização do herbicida e a compartimentalização (INOUE; OLIVEIRA, 2011).

O primeiro registro de resistência de plantas daninhas a herbicidas ocorreu em 1957, quando foram identificados biótipos de *Commelina diffusa* nos Estados Unidos e, posteriormente, de *Daucus carota* no Canadá, ambos resistentes a herbicidas pertencentes ao grupo das auxinas (SWITZER, 1957; HILTON, 1957). No Brasil o primeiro caso de planta daninha resistente a herbicidas foi relado na década de 1970, associado ao uso repetido do herbicida metribuzin para controle de espécies daninhas dicotiledôneas em lavouras de soja (VARGAS et al, 2016).

A espécie *Eleusine indica*, popularmente conhecida como capim-pé-de-galinha, é uma nativa da África e das regiões tropicais e temperadas da Ásia. Entretanto, atualmente pode ser encontrada em todas as regiões com clima tropical, subtropical e temperado do mundo. Nas Américas ocorre desde os Estados Unidos até a Argentina; e, no Brasil, em grande parte do seu território (JUNIOR et al., 2018). A espécie pertence à família Poaceae e apresenta como características gerais ser anual ou perene, cespitosa e bem enraizada, ser ereta ou ascendente,

apresentando colmos fibrosos e reprodução apenas por semente (LORENZI, 2014). No Brasil, a resistência múltipla do capim-pé-de-galinha foi registrada pela primeira vez em 2017, infestando culturas de feijão, milho, algodão e soja. Com o tempo, essa resistência evoluiu para herbicidas do HRAC Grupo 1, inibidores da ACCase, e do HRAC Grupo 9, inibidores da enzima enolpiruvil shiquimato fosfato sintase (EPSPS) (HEAP, 2017).

Devido aos crescentes relatos de resistências múltiplas e cruzadas das plantas daninhas aos diferentes mecanismos de ação, a necessidade de um controle alternativo deve ser estudada. O método de controle biológico utiliza inimigos naturais, tais como fungos, insetos, bactérias e vírus, que são capazes de reduzir as populações de plantas daninhas e, conseqüentemente, diminuir sua capacidade de competir com as cultivares (CARVALHO, 2013).

Além da aplicação prática, o controle biológico destaca-se pelos seus mecanismos específicos de ação e pelo menor impacto ambiental quando comparado aos métodos químicos convencionais. Os agentes biológicos podem atuar por meio da infecção direta dos tecidos vegetais, produção de toxinas ou metabólitos secundários e interferência em processos fisiológicos essenciais, como fotossíntese e respiração. Essa especificidade tende a reduzir efeitos sobre organismos não alvo e favorece sua inserção em programas de manejo integrado de plantas daninhas, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (HASAN et al., 2021).

O controle biológico pode ser aplicado por meio de diferentes estratégias, como o controle clássico, inoculativo e inundativo, sendo este último o mais semelhante ao uso de herbicidas convencionais. Estudos recentes indicam que os bioherbicidas representam uma ferramenta promissora dentro do manejo integrado de plantas daninhas, contribuindo para a redução do impacto ambiental e oferecendo novos mecanismos de ação frente à resistência (ZHANG; BECERRA-ALVAREZ; AL-KHATIB, 2025; RAZA et al., 2025).

No método inundativo, também denominado estratégia bio-herbicida, os agentes de controle biológico são produzidos em larga escala e aplicados diretamente sobre as populações de plantas daninhas, com o objetivo de reduzir seu crescimento e desenvolvimento. Nesse método, os microrganismos, principalmente fungos fitopatogênicos, atuam por meio da infecção dos tecidos vegetais ou da produção de metabólitos que interferem em processos fisiológicos essenciais das plantas. A aplicação é realizada de forma semelhante à de herbicidas químicos, sendo utilizada para promover um efeito rápido sobre a população infestante, sem necessariamente eliminar completamente a espécie-alvo (CHARUDATTAN, 2001).

2. JUSTIFICATIVA

As perdas ocasionadas pelas plantas daninhas podem ser extremamente significativas. Em situações nas quais não é realizado nenhum tipo de controle, essas perdas podem ultrapassar 90%, restando em média entre 13% e 15% da produção de grãos (EMBRAPA, 2023). Em países de clima tropical, as plantas daninhas podem causar reduções de 30% a 40% na produção agrícola (LORENZI, 2000). No Brasil, Lorenzi (1982) também demonstrou que essas plantas podem reduzir a produção agrícola em torno de 20% a 30%.

A interferência negativa das plantas daninhas não está relacionada apenas às culturas agrícolas, mas também às florestais. Em florestas de eucalipto, essa interferência ocorre principalmente devido à competição por recursos do ambiente, sendo mais evidente durante o primeiro ano de cultivo (PITELLI, 1988 citado por CARDOSO, 2011). Estudos realizados em áreas de eucalipto no estado de São Paulo demonstraram que a infestação de gramíneas, como *Eleusine indica*, pode reduzir em até 40% o incremento em altura e biomassa no primeiro ano de plantio quando não é realizado o controle adequado (SILVA et al., 2016).

Além do impacto competitivo, a resistência do capim-pé-de-galinha aos herbicidas tem se tornado um desafio crescente no manejo de plantas daninhas. De acordo com Araújo (2021), já existem três relatos de resistência múltipla dessa espécie a herbicidas que atuam como inibidores da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) e da acetil-CoA carboxilase (ACCase). Freitas et al. (2023) demonstraram que o capim-pé-de-galinha apresentou resistência aos herbicidas fluazifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl e sethoxydim, caracterizando o primeiro caso de resistência cruzada a inibidores da ACCase no estado do Paraná.

Diante desse cenário, a resistência das plantas daninhas aos herbicidas representa uma ameaça significativa à produtividade das culturas agrícolas. Nesse contexto, o controle biológico surge como uma alternativa promissora para o manejo dessas espécies. Entre os métodos estudados, destaca-se o uso de fitopatógenos, como fungos, capazes de atuar no controle de plantas invasoras (VIEIRA; BARRETO; NECHET, 2018).

3. OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo verificar o potencial de controle do fungo *Bipolaris crotonis* sobre a planta daninha *Eleusine indica*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1.LEVANTAMENTO DO FUNGO FITOPATOGÊNICO ASSOCIADO A PLANTA-ALVO

A coleta do fungo foi realizada em uma área descoberta, com características semelhantes ao ambiente rural presente no entorno da faculdade, localizada no município de Monte Carmelo (18°54'56,904" S; 47°23'20,796" W). A vegetação da área ocorre de forma espontânea, sendo predominantemente composta por plantas daninhas, além da presença de algumas plantações. O fungo foi obtido a partir de plantas-alvo que apresentavam sintomas de doença. Após a coleta, o material foi transportado para o Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia (LAMIF) presente no *campus* Araras da Universidade Federal de Uberlândia.

4.2.PROCESSAMENTO: PREPARO DE LÂMINAS, ISOLAMENTO E ARMAZENAMENTO DO FUNGO

O material vegetal sintomático foi examinado sob microscópio estereoscópico para a observação das estruturas fúngicas, bem como para a montagem de lâminas em lactofenol e obtenção da cultura pura do fungo.

Para a construção das lâminas, uma gota de lactofenol foi depositada sobre uma lâmina de microscopia. Com o auxílio de uma seringa previamente esterilizada em chama, estruturas do fungo foram retiradas do tecido vegetal e transferidas para a gota de lactofenol. Em seguida, uma lamínula foi colocada sobre a gota contendo as estruturas fúngicas. Por fim, a lâmina foi selada com base de esmalte transparente, obtendo-se, assim, uma lâmina permanente para observação microscópica.

Para a obtenção de culturas puras do fungo, utilizou-se o método de isolamento direto. Nesse método, estruturas do fungo presentes no material vegetal sintomático foram retiradas com o auxílio de uma seringa previamente esterilizada em chama. Em seguida, essas estruturas foram transferidas para placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-água (BDA), permitindo o crescimento do fungo e a obtenção da cultura pura. (Melo; Reis; Silva, 2015). Tais culturas foram conservadas por meio de repicagens sucessivas em meio de batata dextrose ágar (BDA) e preservadas em glicerol 10% e água destilada esterilizada, sendo armazenado em ultra

freezer a -80°C e a temperatura ambiente, respectivamente (Komissarov; Dyakov; Garibova, 2024).

4.3. ESTUDO TAXONÔMICO

A confirmação da identidade do fungo foi realizada com base no estudo da morfologia de suas estruturas vegetativas e reprodutivas. Para obtenção dessas estruturas, colônias do fungo foram cultivadas em meio batata-dextrose-ágar (BDA) e mantidas em incubadora tipo BOD a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas.

As lâminas preparadas foram examinadas em microscópio de luz para a observação das características microscópicas das estruturas fúngicas. A identificação inicial foi realizada com o auxílio de chaves dicotômicas disponíveis na literatura, permitindo a determinação do fungo em nível de gênero.

Posteriormente, para a identificação em nível de espécie, foi realizada análise molecular a partir do DNA do fungo, possibilitando a confirmação da espécie com base na comparação das sequências obtidas com aquelas disponíveis em bancos de dados genéticos.

4.4. CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR

O isolado fúngico foi cultivado em caldo meio batata dextrose e incubados a 25 °C no escuro por 4 dias. O crescimento micelial foi então removido e transferido para papel filtro estéril por 2 dias. Foi extraído o DNA total utilizando o Kit Wizard Genomic DNA Purification (Promega) de acordo com as instruções do fabricante. Para estudos iniciais, foram amplificadas e sequenciadas as regiões ITS (internal transcribed spacer) e uma parte da região LSU (large subunit rDNA), para todas as espécies relevantes. No decorrer dos estudos, quando necessário, outras regiões poderão ser amplificadas, entretanto esta decisão será feita de acordo com o grupo à qual esse isolado pertence. A amplificação foi realizada a partir dos primers ITS5 / 4 (White et al., 1990) e LR0R/ LR5 (Vilgalys & Hester, 1990), respectivamente. Cada reação de PCR (25 µL) consistiu de 2 µL (20 ng) de DNA, 0,18 µL de Taq DNA polimerase, 0,3 µL de dNTP (10 mM), 1,52 µL de solução tampão 10x, 2,5 µL de água ultrapura esterelizada e 1 µL de cada primer (10 µM). A reação de PCR para a região ITS foi realizada conforme Groenewald et al. (2005), ao passo que a de LSU se deu conforme se segue: desnaturação 10 inicial a 94 °C por 5 min, 35 ciclos de amplificação a 94 °C por 1 min, seguidos de uma etapa de 50 °C por 30s, uma etapa de 72 °C por 1 min, e por fim, a etapa de extensão final a 72 °C por 5 min. Para

o sequenciamento, foram utilizados os mesmos primers da etapa de amplificação. As fitas sensu e contra-sensu foram montadas através do software SeqAssem ver. 07/2008 (Hepperle, 2004). As sequências geradas, juntamente com outras obtidas através do GenBank, foram alinhadas utilizando o programa MEGA 6.0 e manualmente ajustadas visando melhorias, quando necessário. Foi utilizada a inferência Bayesiana (BI) e o modelo evolucionário que melhor se ajustou a cada grupo de dados. Estes foram determinados pela comparação entre diferentes modelos através do critério Akaike pertencente ao PAUP (version 4.0b10; Sinauer Associates, Sunderland, MA) junto ao MrModeltest 2.3 (Posada & Buckley 2004). Árvores filogenéticas referentes às quatro Cadeias Monte Carlo de Markov (Markov Chain Monte Carlo – MCMC) foram executadas a partir de árvores aleatórias para cada 1 000 000 gerações, e amostradas a cada 100 gerações, utilizando o programa MrBayes v3.2.6 (Ronquist & Heulsenbeck, 2003). Os primeiros 25% das árvores geradas foram descartados como “burnin”. Além disso, uma árvore de Máxima Verossimilhança (ML) foi gerada com o método de busca heurística nearest-neighbor-interchange (NNI) e o modelo de substituição Tamura-Nei como opções de inferência de árvore. As estabilidades da cadeia da árvore filogenética foram avaliadas usando a estratégia de reamostragem bootstrap com 1000 réplicas. As árvores filogenéticas foram geradas pelo portal CIPRES (Miller et al., 2010), visualizadas no programa FigTree v1.3.1 (Rambaut, 2009). As topologias das árvores resultantes usando os dois métodos (ML e BI) foram então comparadas e editadas em CorelDRAW Graphics Suite 2017.

4.5. TESTE DE PATOGENICIDADE

Plantas sadias de capim-pé-de-galinha, com 15 dias após o semeio (DAS), foram inoculadas com discos de micélio de 6,0 mm de diâmetro, obtidos de colônias do fungo cultivadas em meio batata-dextrose-ágar (BDA), previamente mantidas em incubadora tipo BOD a 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. A inoculação foi realizada colocando um disco na face adaxial de cada folha completamente desenvolvida. Após a inoculação, as plantas foram colocadas em câmara úmida por um período de 48 horas.

Passado esse período plantas foram retiradas da câmara úmida e mantidas em câmara de crescimento a 25 °C, com irrigação por aspersão durante seis minutos em dias alternados, para observação diária do aparecimento de sintomas. Três plantas foram inoculadas com o fungo.

Plantas com discos de meio BDA, sem crescimento fúngico, foram colocadas sob as mesmas condições que as demais, servindo como controle. Observado o aparecimento dos sintomas, o patógeno foi reisolado para conclusão dos postulados de Koch.

4.6. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO FUNGO PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DA PLANTA ALVO

4.6.1. PRODUÇÃO DE INÓCULO EM MEIO BIFÁSICO

Para o preparo das suspensões de conídios, cinco discos de micélio do isolado BEI012 foram transferidos para três Erlenmeyers, cada um contendo 100 mL de caldo Batata-Dextrose (BD) em uma concentração de 10% (figura 1).

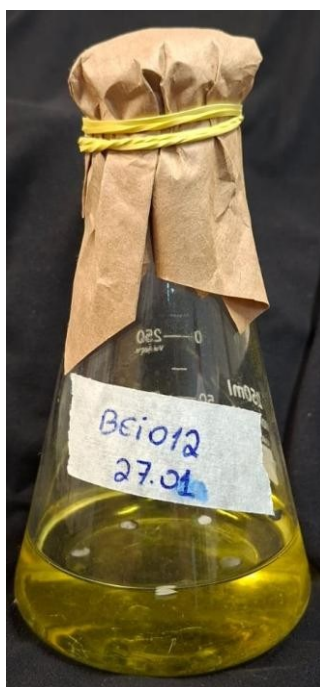


Figura 1. Discos de micélio do isolado BEI012 em meio BD 10%

Os frascos foram mantidos em Shaker orbital a 150 rpm, por sete dias, à temperatura de 25 °C (figura 2). Após o período de incubação, o conteúdo de cada frasco (meio de cultura contendo micélio e conídios) foi homogeneizado com auxílio de um mixer manual, por três minutos.

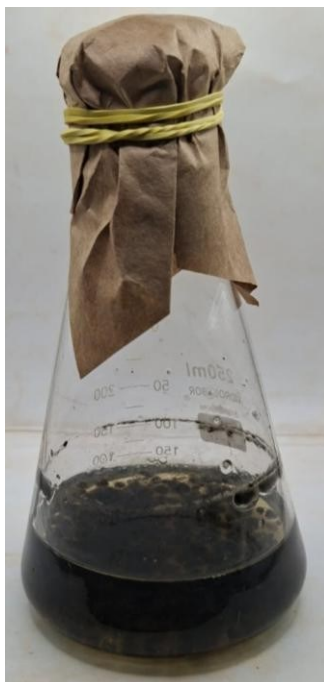


Figura 2. Isolado BEI012 crescido em meio BD

Em seguida, duas bandejas plásticas (33 cm × 21,5 cm) contendo 200 mL de meio de cultura Caldo de Vegetais Ágar (CVA) foram preparadas. O meio foi composto por 50 mL de caldo de vegetais, 200 mL de água destilada e 10 g de ágar. Cada bandeja recebeu a solução proveniente de um Erlenmeyer e meio. As bandejas foram então incubadas em câmara tipo BOD a 25 °C, sob fotoperíodo de 12 horas (luz branca associada à luz negra).

Após cinco dias de incubação, as bandejas foram lavadas com água destilada esterilizada, e o micélio foi raspado com o auxílio de uma lâmina estéril. Essa primeira lavagem teve como objetivo induzir um estresse fisiológico no fungo, favorecendo a esporulação. Em seguida, foi realizada uma segunda lavagem, repetindo-se o procedimento de raspagem e lavagem com água destilada esterilizada, para obtenção da suspensão de conídios.

A suspensão de conídios obtida foi filtrada com auxílio de gaze esterilizada e, posteriormente, calibradas em câmara de Neubauer para a concentração de 10^6 conídios/mL. A suspensão de conídios foi utilizada imediatamente após o preparo.

4.6.2. OBTENÇÃO DE SEMENTES

As sementes da planta daninha alvo foram fornecidas pela empresa AgroCosmos® e outras coletadas em propriedades rurais de Monte Carmelo. As sementes obtidas e coletadas foram armazenadas a 5 °C.

4.6.3. DESINFESTAÇÃO DAS SEMENTES

Antes da semeadura, as sementes de capim-pé-de-galinha foram submetidas à desinfestação superficial. Em câmara de fluxo laminar, utilizando uma peneira, as sementes foram imersas em álcool 70% por 1 minuto. Em seguida, foram transferidas para uma solução de hipoclorito de sódio a 2% por 5 minutos e, posteriormente, enxaguadas com água destilada esterilizada. Após a desinfestação, as sementes foram semeadas imediatamente.

4.6.4. INOCULAÇÃO COM SUSPENSÃO DE CONÍDIOS

Para a inoculação com suspensão de conídios, foram semeadas 1200 sementes distribuídas em seis bandejas contendo solo previamente esterilizado. Durante um período de um mês após a semeadura, as plântulas foram mantidas em câmara de crescimento a 25 °C, com irrigação por aspersão durante seis minutos diariamente. Após esse período, as plântulas foram inoculadas com a suspensão de esporos. Três bandejas receberam 50 mL de suspensão de conídios na concentração 10^6 conídios mais 1,25 mL do adjuvante “Rancheiro” (fabricado pela empresa Koppert), com um auxílio de um borrifador comum. As demais bandejas foram borrifadas apenas com água destilada esterilizada contendo adjuvante com a finalidade de servirem como grupo controle. Após a inoculação todas as bandejas foram colocadas em câmara úmida por um período de 48 h.

Após esse período, as plantas foram retiradas da câmara úmida e deixadas dentro da câmara de crescimento para observação diária do aparecimento dos sintomas e avaliação a partir da escala de notas proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas – SBPCPD (tabela 1).

Tabela 1. Níveis de controle de plantas daninhas utilizados para avaliação do experimento

Porcentagem de controle	Descrição do controle
(A) 90-100	Excelente ou total
(B) 80-89	Bom, aceitável para infestação da área
(C) 70-79	Moderado, insuficiente para infestação da área
(D) 50-69	Deficiente ou inexpressivo
(E) 0 -50	Ausência de controle

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ESTUDO TAXÔNIMICO

De acordo com a análise morfológica do isolado fúngico BEI012, pode-se concluir que o fungo pertence ao gênero *Bipolaris*. As hifas são septadas e de coloração marrom. Os conidióforos apresentam, em média, 70,8 µm de comprimento e 18,8 µm de largura, sendo levemente pigmentados, de formato elipsoidal e alongado, com extremidades arredondadas. Observou-se ainda septação transversal bem definida, geralmente plurisseptada (média de oito septos), sem presença de septos longitudinais, caracterizando fragmoconídios (Figura 3).



Figura 3. A. Conídio ligado a lateralmente à hifa. B. Célula conidiogênica originando um conídio. C. Fragmoconídios

5.2. CARACTERIZAÇÃO MOLECULAR

A análise filogenética indicou que o isolado BEI012 agrupou-se no mesmo clado que isolados de referência de *Bipolaris crotonis*, com alto suporte estatístico, sugerindo que o isolado provavelmente pertence a essa espécie (figura 4).

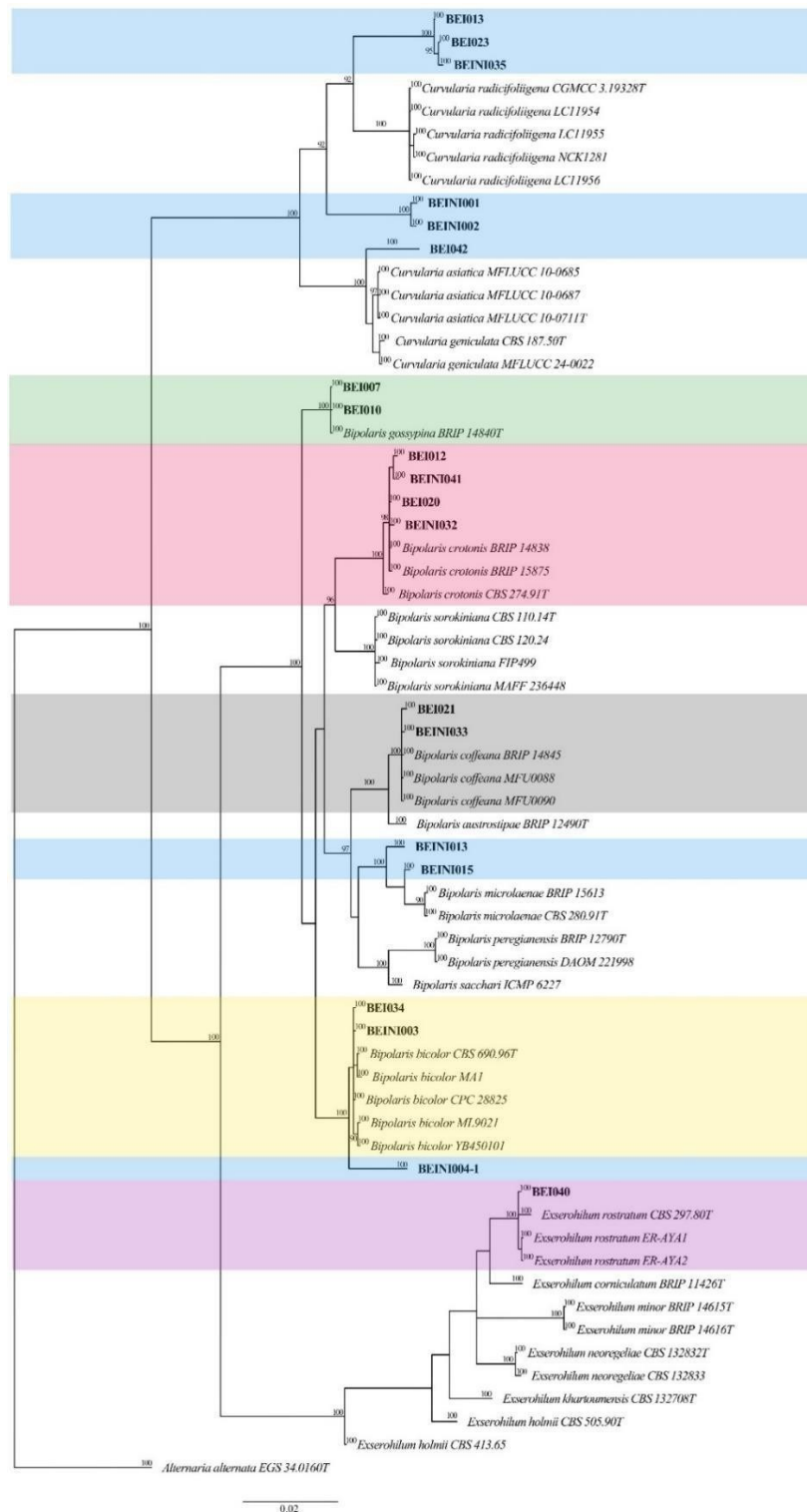


Figura 4. Árvore filogenética para identificação da espécie do isolado BEI012

5.3. TESTE DE PATOGENICIDADE

Após a retirada da câmara úmida, todas as plantas inoculadas apresentaram sintomas nas folhas, enquanto as plantas testemunhas permaneceram saudáveis e sem lesões (figura 5A).

Foram observadas lesões necróticas escuras e manchas escuras nos locais em que os discos de micélio foram dispostos (figura 5B), confirmando a patogenicidade do isolado.

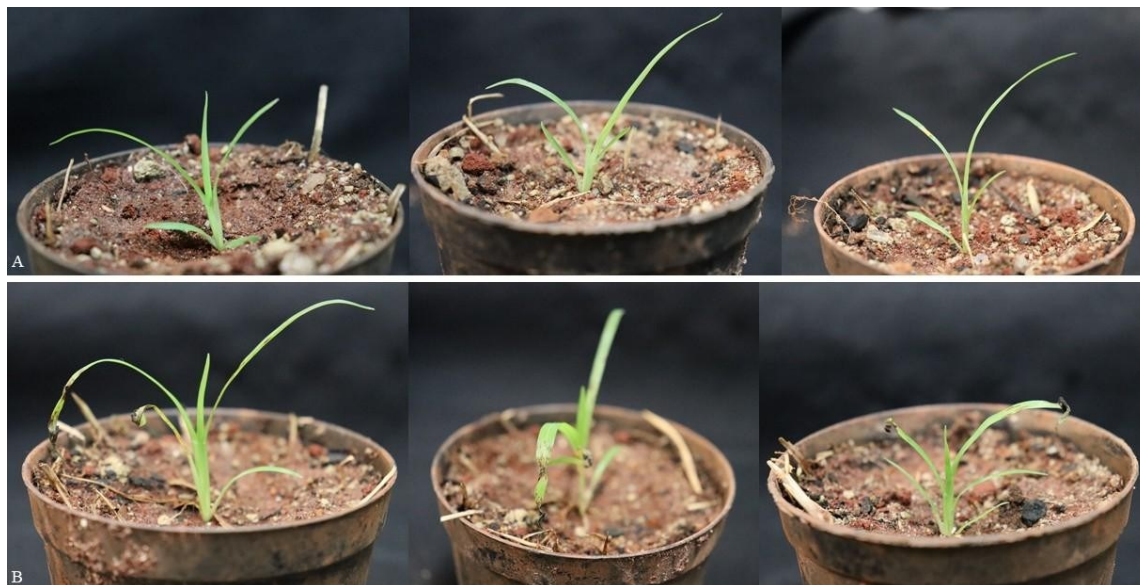


Figura 5. A Testemunha inoculadas com disco de micélio. B Plantas inoculadas com disco de micélio contendo o fungo testado.

5.4. INOCULAÇÃO COM SUSPENSÃO DE CONÍDIOS

Após a realização do procedimento utilizando o meio bifásico, as bandejas contendo o fungo foram lavadas com água destilada esterilizada, resultando em uma suspensão com concentração de aproximadamente $1,1 \times 10^6$ conídios/mL. A suspensão foi aplicada imediatamente após a sua calibração, utilizando borrifadores comuns.

Após a retirada da câmara úmida, as plantas foram avaliadas por um período de 15 dias, com observações realizadas a cada dois dias, seguindo a escala de notas estabelecida pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD). Ao final dos 15 dias, obteve-se uma média de controle de aproximadamente 83% (figura 6). De acordo com a classificação proposta na Tabela 1, esse nível de controle enquadra-se na categoria Bom (B), sendo considerado aceitável para a infestação observada na bandeja.

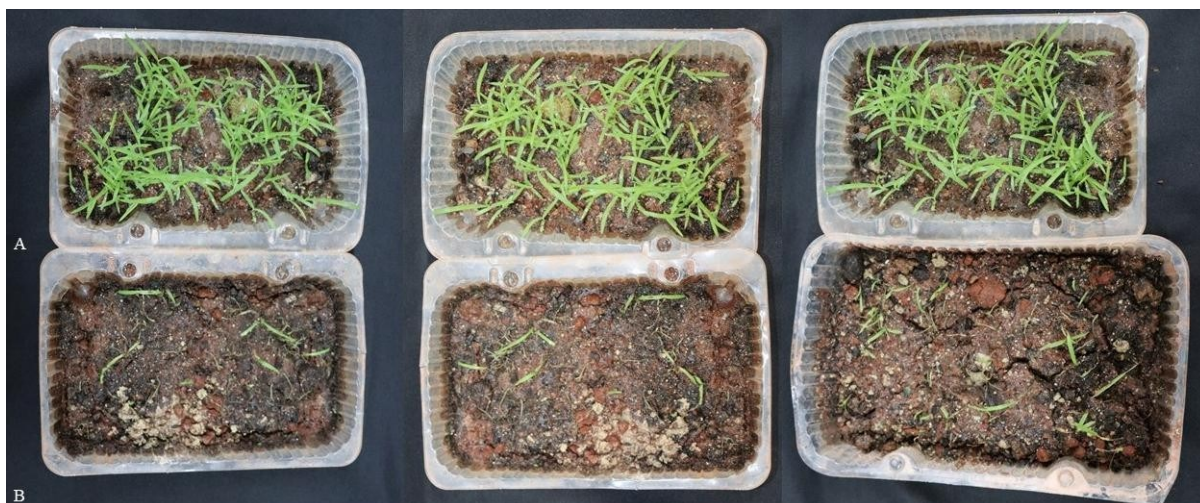


Figura 6. A Testemunhas Inoculadas com água destilada esterilizada. B Mortalidade de plantas de capim pé-de-galinha 15 dias após a inoculação com suspensão de conídios do isolado BEI012

As plantas inoculadas com a suspensão de conídios apresentaram o desenvolvimento de lesões necróticas (figura 7), evoluindo para a morte das plantas. Os sintomas intensificaram-se progressivamente ao longo dos dias de avaliação, atingindo estabilização no décimo segundo dia do experimento.



Figura 7. Plantas de capim pé-de-galinha com lesões necróticas

No mundo, diferentes espécies de *Bipolaris* já foram associadas ao capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*), evidenciando a ampla distribuição e relevância desse gênero fúngico como patógeno dessa espécie. Esses registros demonstram que o capim-pé-de-galinha atua como hospedeiro de diversas espécies de *Bipolaris* em distintas regiões geográficas (Tabela 2).

Relatos da ocorrência de *Bipolaris crotonis* infectando *Eleusine indica* são descritos principalmente na Austrália (Manamgoda et al., 2014; Bhunjun et al., 2020; Tan et al., 2014). No entanto, até o momento, não há registros desse patógeno associado ao capim-pé-de-galinha no Brasil. Assim, este estudo representa o primeiro relato de *B. crotonis* ocorrendo em *E. indica* em território brasileiro, ampliando o conhecimento sobre a distribuição geográfica do fungo.

Além de sua relevância micológica, a associação de *B. crotonis* com *E. indica* demonstra seu potencial como agente de controle biológico dessa planta daninha, que apresenta elevada competitividade e ampla distribuição em sistemas agrícolas. A capacidade do fungo em causar sintomas foliares e reduzir o vigor da planta sugere sua possível aplicação em estratégias de manejo integrado de plantas daninhas, contribuindo para alternativas ao controle químico que nesse caso não apresenta mais eficácia.

Em pesquisas conduzidas com *Bipolaris bicolor*, a aplicação foliar de suspensões de conídios demonstrou ser eficaz para promover a infecção do capim-pé-de-galinha., resultando em germinação dos conídios após a aplicação, penetração nos tecidos foliares, desenvolvimento de lesões necróticas em dois dias após a inoculação e morte das plantas em até sete dias após a inoculação (XIAO et al., 2021). Nesse estudo, os autores relataram que uma concentração de 2×10^4 conídios mL⁻¹ foi suficiente para atingir a dose efetiva de conídios que resulta em um índice de doença de 90 (ED₉₀), evidenciando o potencial dessa espécie fúngica como bioherbicida mesmo em baixas concentrações de inóculo.

Avaliações com *Bipolaris sorokiniana* demonstraram que a inoculação por meio de suspensão de conídios, preparada em concentração de 2×10^6 conídios mL⁻¹, resultou em elevada agressividade contra *Eleusine indica*, causando no 35º dia após o tratamento, 94% de severidade da doença, caracterizada pela redução significativa da biomassa da planta (ISMAIL et al., 2020).

Estudos demonstraram que espécies do gênero *Bipolaris* também apresentam potencial como bioherbicidas de plantas daninhas da família das gramíneas. Por exemplo, isolados de *Bipolaris yamadae* foram capazes de controlar diversas gramíneas, incluindo *Eleusine indica*, sob concentrações de conídios na faixa de $3,22 \times 10^3$ a $1,32 \times 10^5$ conídios/mL, com alta especificidade para plantas daninhas e sem causar danos às culturas testadas (TAN, 2024)

Com isso, os resultados obtidos neste estudo corroboram o que já vem sendo observado em trabalhos anteriores, que apontam o gênero *Bipolaris* como um grupo promissor de fungos fitopatogênicos para o controle biológico do capim-pé-de-galinha. Apesar de ainda existirem poucos trabalhos envolvendo especificamente *Bipolaris crotonis*, estudos com outras espécies do gênero, utilizando suspensões de conídios em concentrações eficazes, mostram que essa estratégia é viável.

Esses resultados reforçam a importância e o caráter inovador deste trabalho, que contribui para ampliar o conhecimento sobre o uso de *Bipolaris* spp. no manejo alternativo de *Eleusine indica* por meio do uso de herbicidas biológicos.

Tabela 2. Espécies de *Bipolaris* associadas ao capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) descritas no mundo.

Espécie de <i>Bipolaris</i>	País	Autores (Ano)
<i>B.Bicolor</i>	Tailândia	Marin-Felix Y., et al. 2017; Raza M. et al. 2019; Hyde K.D., Sheng J. 2020
<i>B. crotonis</i>	Austrália	Tan Y.P., et al. 2014; Manamgoda D.S. et al. 2014; Munjun C.S. et al. 2020
<i>B.cynodontis</i>	Estados Unidos	Alfieri Jr. S.A., et al. 1984; Roane C.W. 2009
<i>B.eleusines</i>	Austrália	Alcorn J.L. 1990; Shivas R.G., Alcorn J.L. 1996
<i>B.eleusines</i>	Papua Nova Guiné e Vanuatu	Alcorn J.L. 1990
<i>B.gigantea</i>	Estados Unidos	Lane B., et al. 2020
<i>B.hadrotrichoides</i>	Estados Unidos	Manamgoda D.S., et al. 2014
<i>B.maydis</i>	Cuba	Camino-Vilaro M., et al. 2019
<i>B.nodulosa</i>	Austrália, Brasil, China e Etiópia	Mendes M.A.S., da Silva V.L., Dianese J.C. e colaboradores. 1998, Deng H., Zhang T.Y. 2002; Zhuang W.Y. 2005, Sivanesan A. 1987
<i>B.oryzae</i>	Papua Nova Guiné	Sivanesan, A. 1987
<i>B.sorokiniana</i>	Austrália	Sivanesan, A. 1987
<i>Bipolaris sp.</i>	Estados Unidos	Szarka, D., et al. 2020

A diversidade de espécies do gênero *Bipolaris* associadas ao capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em diferentes regiões do mundo evidencia o amplo potencial desse grupo de fungos como agentes fitopatogênicos dessa planta daninha. Conforme apresentado na Tabela 2, diversas espécies do gênero já foram relatadas infectando *E. indica* em países como Estados Unidos, Austrália, Tailândia, Cuba, Papua Nova Guiné, Vanuatu, China, Etiópia e Brasil, de acordo com registros disponíveis na base de dados Fungal Databases. Entre as espécies registradas destacam-se *Bipolaris bicolor*, *B. cynodontis*, *B. eleusines*, *B. gigantea*, *B. hadrotrichoides*, *B. maydis*, *B. nodulosa*, *B. oryzae* e *B. sorokiniana*, além de registros de *Bipolaris* sp., indicando que diferentes representantes do gênero apresentam capacidade de colonizar ou infectar essa espécie de planta daninha.

Essa diversidade de registros reforça a ampla distribuição geográfica do gênero e sua relação ecológica com gramíneas, incluindo *E. indica*, o que destaca seu potencial para aplicações no manejo biológico de plantas daninhas. No entanto, apesar da variedade de espécies já relatadas, estudos envolvendo especificamente *Bipolaris crotonis* ainda são escassos na literatura, especialmente em relação ao seu potencial como agente bioherbicida. Nesse contexto, os resultados obtidos no presente trabalho contribuem para ampliar o conhecimento sobre a interação entre *B. crotonis* e *E. indica*, fornecendo evidências adicionais sobre a capacidade desse fungo em causar sintomas severos e promover elevados níveis de controle da planta daninha em condições experimentais.

Dessa forma, a compilação desses registros demonstra que o gênero *Bipolaris* possui relevância fitopatológica global e reforça a importância de estudos que investiguem o potencial dessas espécies como alternativas sustentáveis para o manejo de plantas daninhas, especialmente diante da crescente ocorrência de resistência a herbicidas em populações de *E. indica*.

6. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados pode-se concluir que o fungo *Bipolaris crotonis* apresenta potencial promissor como agente de controle biológico do capim-pé-de-galinha. A identificação do isolado foi confirmada por meio de análises morfológicas, que evidenciaram características típicas do gênero *Bipolaris*, e pelos testes moleculares, que possibilitaram a identificação da espécie como *B. crotonis*. Os testes de patogenicidade comprovaram a capacidade do fungo em causar doença na planta-alvo, atendendo aos postulados de Koch após a possibilidade de reisolamento do fungo testado.

A inoculação com suspensão de conídios na concentração de aproximadamente 1×10^6 conídios mL^{-1} resultou no desenvolvimento progressivo de lesões necróticas foliares, culminando na morte das plantas. O nível médio de controle observado ao final das avaliações foi de cerca de 83%, sendo classificado como “Bom” segundo a escala proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD), indicando eficiência satisfatória do isolado nas condições experimentais avaliadas.

Adicionalmente, este estudo representa o primeiro relato da ocorrência de *Bipolaris crotonis* associado a *Eleusine indica* no Brasil, contribuindo para o conhecimento sobre a distribuição geográfica desse patógeno e sua relação com plantas daninhas de importância agrícola. Esse resultado apresenta relevância tanto do ponto de vista micologia quanto para o manejo alternativo de plantas daninhas, especialmente diante do aumento dos casos de resistência do capim-pé-de-galinha a herbicidas químicos.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam o potencial do gênero *Bipolaris* como fonte de agentes bioherbicidas e indicam que *B. crotonis* pode integrar estratégias de manejo integrado de plantas daninhas, reduzindo a dependência do controle químico. No entanto, estudos adicionais em condições de campo, bem como avaliação da especificidade do patógeno, formulações do inóculo e possíveis impactos ambientais são necessários para viabilizar sua aplicação prática em sistemas agrícolas e florestais.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. S. da. Resistência múltipla de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) aos inibidores da ACCase e EPSPS no Brasil. 2021. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-07012022-101849/>. Acesso em: 18 jun. 2024.
- BHUNJUN, C. S.; JIANG, H.-B.; WANASINGHE, D. N.; et al. **Morphological and phylogenetic characterisation of *Bipolaris* species from grasses in Queensland, Australia.** *MycoKeys*, 2020.
- BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA, M. F. de. Biologia de plantas daninhas. 2011.
- CARDOSO FILHO, O. Ecologia e dinâmica de plantas daninhas em cultivos de eucalipto, em diferentes relevos. 2011.
- CARVALHO, L. B. de. Plantas Daninhas. Lages, SC: Editado pelo autor, 2013. 82 p.
- CARVALHO, L. B. de. Plantas Daninhas. 1. ed. Santa Catarina, 2013.
- CHARUDATTAN, Raghavan. Controle biológico de plantas daninhas por meio de patógenos vegetais: importância para o manejo integrado de plantas daninhas na agroecologia moderna. *BioControl*, v. 46, n. 2, p. 229-260, 2001.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. B. da. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. *Planta Daninha*, v. 12, p. 13-20, 1994.
- DHINGRA, Onkar D.; SINCLAIR, James Burton. **Métodos básicos de patologia vegetal.** 1985.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Plantas Daninhas: sobre o tema. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-plantasdaninhas/sobre-o-tema>. Acesso em: 3 jul. 2024.
- FARIAS, R. H. C. da et al. Diagnósticos quanto ao controle de plantas daninhas em imóveis rurais de Formosa-GO e entorno. 2019.
- FREITAS, M. L. O. de et al. Primeiro caso de resistência cruzada de capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) a inibidores da ACCase no Estado do Paraná. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 23, n. 1, p. 23-32.
- GROENEWALD, Marizeth; GROENEWALD, Johannes Z.; CROUS, Pedro W. Distinct species exist within the *Cercospora apii* morphotype. *Phytopathology*, v. 95, n. 8, p. 951-959, 2005.
- HASAN, Mahmudul et al. Bioherbicidas: uma ferramenta ecológica para o manejo sustentável de plantas daninhas. *Plants*, v. 10, n. 6, p. 1212, 2021. HEAP, I. *International survey of herbicide resistant weeds*. Disponível em: www.weedscience.org

HEPPERLE, D. SeqAssem©. Win32–Version. A sequence analysis tool contig assembler and trace data visualization tool for molecular sequences, 2004. Disponível em: <http://www.sequentix.de>.

HILTON, J. L. Herbicide tolerant strains of weeds. *Hawaiian Sugar Planters' Association Proceedings*, 1957.

INOUE, M. H.; OLIVEIRA JR, R. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas. In: *Biologia e manejo de plantas daninhas*. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 193-213.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ISMAIL, M. et al. *Bipolaris sorokiniana*: a potential indigenous plant pathogen for controlling goosegrass (*Eleusine indica*) in oil palm plantations. **J. Oil Palm Res**, v. 32, n. 2, p. 219-227, 2020.

JUNIOR, E. R. A. et al. Capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica*) em Mato Grosso: resistência a herbicidas inibidores da ACCase e indicação de sítios de ação alternativos. Mato Grosso: Instituto Mato-grossense do Algodão – IMAmt, 2018. 12 p.

KOMISSAROV, NS; DYAKOV, M. Yu; GARIBOVA, LV. Influência dos métodos de armazenamento na vitalidade e taxa de crescimento de macrofungos. In: **Doklady Biological Sciences**. Moscou: Pleiades Publishing, 2024. p. 387-396.

KUMAR, S.; TAMURA, K.; JAKOBSEN, I. B.; NEI, M. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, v. 30, n. 12, p. 2725–2729, 2013.

LORENZI, H. J. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa: Plantarum, 1982. 425 p.

LORENZI, H. Plantas daninhas no Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2000.

LORENZI, H. Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: plantio direto e convencional. 7. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 384 p.

MANAMGODA, D. S.; ROSSMAN, A. Y.; CASTLEBURY, L. A.; CROUS, P. W.; MADRID, H.; CHUKEATIROTE, E.; HYDE, K. D. **The genus *Bipolaris***. *Studies in Mycology*, v. 79, p. 221–288, 2014.

MELLO, S. C. M. de; REIS, A.; SILVA, J. B. T. da. **Manual de curadores de germoplasma – micro-organismos: fungos filamentosos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2011. 25 p.

MILLER, Mark A.; PFEIFFER, Wayne; SCHWARTZ, Terri. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. In: 2010 gateway computing environments workshop (GCE). Ieee, 2010. p. 1-8.

PITELLI, R. A.; KARAM, D. Ecologia de plantas daninhas e sua interferência em culturas florestais. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTOS, 1., 1988, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro, 1988. p. 44-64.

PITELLI, R. A. O termo planta-daninha. Viçosa-MG, v. 33, n. 3, 2015.

POSADA, D.; BUCKLEY, T. R. Seleção de modelos e média de modelos em filogenética: vantagens do critério de informação de Akaike e abordagens Bayesianas sobre testes de razão de verossimilhança. *Systematic biology*, v. 53, n. 5, p. 793-808, 2004.

Rambaut, A. (2009) FigTree 1.2.2. Available at. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>.

RAZA, T. et al. Bioherbicidas: revolucionando o manejo de plantas daninhas para a agricultura sustentável na era da saúde única. *Current Research in Microbial Sciences*, v. 8, p. 100394, 2025.

RONQUIST, F.; HUELSENBECK, J. P. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, v. 19, n. 12, p. 1572-1574, 2003.

SILVA, A. F. A. da et al. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

SILVA, W. R.; FERREIRA, F. A.; CUNHA, M. C. R. Interferência de gramíneas invasoras no crescimento inicial de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 555-564, 2016. Disponível em: <https://www.scientiaforestalis.org.br>. Acesso em: 18 ago. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina: 1995. 42 p.

SWITZER, C. M. The existence of 2, 4-D-resistant strains of wild carrot. 1957.

SWOFFORD, D. L. PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (and Other Methods), version 4.0b10. Sunderland: Sinauer Associates, 2002.

TAMURA, K.; NEI, M. Estimativa do número de substituições de nucleotídeos na região de controle do DNA mitocondrial em humanos e chimpanzés. *Biologia molecular e evolução*, v. 10, n. 3, p. 512-526, 1993.

TAN, Y. P.; MADRID, H.; CROUS, P. W.; SHIVAS, R. G. **Johnalcornia gen. et comb. nov., and nine new combinations in *Curvularia* based on molecular phylogenetic analysis.** *Australasian Plant Pathology*, v. 43, p. 589–603, 2014.

TAN, Min et al. Avaliação de *Bipolaris yamadae* como agente bioherbicida contra ervas daninhas gramíneas em culturas agrícolas. *Pest Management Science*, v. 80, n. 1, p. 166-175, 2024.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução. 2006.

VARGAS, L. et al. Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil: histórico, distribuição, impacto econômico, manejo e prevenção. 2016.

VIEIRA, B. S.; BARRETO, R. W.; NECHET, K. L. Controle biológico de plantas daninhas com fungos fitopatogênicos. 2018.

VILGALYS, Rytas; HESTER, Mark. Identificação genética rápida e mapeamento de DNA ribossômico amplificado enzimaticamente de várias espécies de *Cryptococcus*. *Journal of bacteriology*, v. 172, n. 8, p. 4238-4246, 1990.

WHITE, T. J. et al. Amplificação e sequenciamento direto de genes de RNA ribossômico fúngico para filogenética. *Protocolos de PCR: um guia para métodos e aplicações*, v. 18, n. 1, p. 315-322, 1990.

XIAO, W. et al. A fungal *Bipolaris bicolor* strain as a potential bioherbicide for goosegrass (*Eleusine indica*) control. ***Pest Management Science***, [s. l.], v. 78, n. 4, p. 1445-1454, 14 dez. 2021. DOI: 10.1002/ps.6742

ZHANG, Zhenglin; BECERRA-ALVAREZ, Aaron; AL-KHATIB, Kassim. Ação fisiológica de bioherbicidas no controle de plantas daninhas: uma revisão sistemática. *Frontiers in Agronomy*, v. 7, p. 1633565, 2025.