

## Atividade antagonística *in vitro* de fungos endofíticos isolados de duas macrófitas aquáticas contra fitopatógenos

### *In vitro* antagonistic activity of endophytic fungi isolated from two aquatic macrophytes against phytopathogens

Alfred Werner Medina Loosli<sup>1</sup>, Ravelly Casarotti Orlandelli<sup>2</sup>, Antonia Railda Roel<sup>3</sup>, Ana Patrícia Ricci<sup>4</sup>, Tiago Tognolli de Almeida<sup>5</sup>

**RESUMO:** Fitopatógenos são responsáveis por grandes prejuízos econômicos e por grandes perdas nas colheitas em culturas pelo mundo. microrganismos endofíticos são aqueles que vivem em tecidos vegetais, ocupando espaços inter ou intracelulares. Por ocupar nichos similares aos dos fitopatógenos, os microrganismos endofíticos podem ser considerados como controladores biológicos, conferindo ao hospedeiro proteção e resistência contra estes patógenos. Este trabalho teve como objetivos: a investigação da atividade antagonística *in vitro*, de fungos endofíticos isolados de *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes*, contra os fitopatógenos *Colletotrichum* sp. e *Alternaria alternata*. Os fungos endofíticos foram testados para atividade antagonística contra os fungos fitopatogênicos *Colletotrichum* sp. e *Alternaria alternata*. O teste de antagonismo *in vitro* foi avaliado estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott. Pode-se notar, no presente estudo, que os indivíduos com maior índice de antagonismo contra o fitopatógeno *Colletotrichum* sp., foram os endófitos AZ13 (*Alternaria palandui* - KF852593) com 70,87% e AZ26 (*Bipolaris papendorffii* - KF852597) com 81,15% de IA. Contra o fitopatógeno *Alternaria alternata*, os endófitos que demonstraram os maiores índices de antagonismo foram o AZ26 (*Bipolaris papendorffii* - KF852597) e AZ33 (*Pestalotiopsis* sp. - KF852598), com 49% e 57%. Estes resultados sugerem que estes fungos podem ser promissores para o uso no biocontrole destes fitopatógenos.

**Palavras-chave:** Endófitos; Plantas aquáticas; Biotecnologia.

**ABSTRACT:** Endophytic microorganisms are microorganisms that live in plant tissues and occupy intercellular or intracellular spaces. They can occur in the same niche as phytopathogens, so they can be considered biological controllers that confer host protection and resistance to phytopathogens. The aim of this study was to investigate the *in vitro* antagonistic activity against the phytopathogens *Colletotrichum* sp. and *Alternaria alternata*. The *in vitro* antagonism test was statistically evaluated by analysis of variance (ANOVA) and the mean values were compared with the Scott-Knott test. The endophytic isolates with the highest antagonism indices against the phytopathogen *Colletotrichum* sp. were AZ13 (*Alternaria palandui* - KF852593) with 70.87% and AZ26 (*Bipolaris papendorffii* - KF852597) with 81.15%. Against the phytopathogen *Alternaria alternata*, endophytes AZ26 (*Bipolaris papendorffii* - KF852597) and AZ33 (*Pestalotiopsis* sp. - KF852598) had the highest antagonism indices with 49 and 57 %, respectively. These results suggest that these fungi may be promising for biocontrol of these phytopathogens.

**Keywords:** Endophytes; Aquatic plants; Biotechnology.

**Autor correspondente:** Tiago Tognolli de Almeida  
E-mail: tiagotognolli@hotmail.com

Recebido em: 01/08/2022  
Aceito em: 29/01/2024

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), Campo Grande, MS, Brasil.

<sup>2</sup> Doutora em Biologia Comparada. Departamento de Biotecnologia, Genética e Biologia Celular, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Doutora em Entomologia. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), Campo Grande, MS, Brasil.

<sup>4</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), Campo Grande, MS, Brasil.

<sup>5</sup> Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

As produções agrícolas são afetadas por fitopatógenos desde seu início e conseqüentemente ao longo da história humana, eles foram a causa de grandes perdas agrícolas e de até mesmo de grandes crises de fome pelo mundo inteiro. Atualmente perde-se bilhões de dólares por ano em decorrência das perdas por fitopatógenos (Mishra; Arora, 2017). O gênero *Colletotrichum* tem grande importância por possuir fitopatógenos causadores de patologias como podridão pós-colheita e antracnoses, sendo responsáveis por perdas em culturas pelo mundo (Bhunjun *et al.*, 2021). *Alternaria alternata* é outro fitopatógeno notável para diversas culturas, causando porcentagem altas de perdas pré e pós-colheita, os principais sintomas causados são o apodrecimento, a ferrugem e manchas, que podem ocorrer em diversas partes da planta (Tozlu *et al.*, 2018).

Macrófitas aquáticas são plantas que se caracterizam por possuírem partes vegetativas, com crescimento ativo permanente ou por um período, em ambiente aquático, seja ela submersa ou flutuante (Pott; Pott, 2000). A *Eichhornia azurea* (Kunth) é uma importante constituinte dos corpos d'água, pois podem servir de alimento para inúmeras espécies, e como habitat para diversos macroinvertebrados aquáticos, além de contribuir com o aumento de matéria orgânica nestes ambientes (Azevedo *et al.*, 2008; Silva; Henry, 2013). A espécie *Eichhornia crassipes* (Mart) tem sido usada como agente fitorremediador, onde tem se mostrado eficiente na diminuição de metais pesados como As, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn (Agunbiade; Olu-owolabi; Adebowale, 2009; Oliveira *et al.*, 2012; Modenes *et al.*, 2013).

Microorganismos endofíticos são fungos e bactérias que colonizam os tecidos saudáveis da planta, em algum tempo do seu ciclo de vida, sem lhe causar danos aparentes (Mendes; Azevedo, 2007). Esses microorganismos são de grande interesse biotecnológico devido a sua capacidade de produzir compostos biologicamente ativos como antibióticos e metabólitos secundários. Estes inibem o desenvolvimento de patógenos, enzimas extracelulares e substâncias com atividades antitumorais. São exemplos de tal aplicação o composto quimioterápico Taxol, utilizado no tratamento do câncer de mama e ovário (Wang *et al.*, 2000; Costa Neto *et al.*, 2002; Strobel; Daisy *et al.*, 2003; Cuzzi *et al.*, 2011; Orlandelli *et al.*, 2012; Bernardi-Wenzel *et al.*, 2013; Almeida *et al.*, 2018).

Além da produção de compostos bioativos, a colonização dos tecidos vegetais por fungos endofíticos traz à planta o benefício da resistência contra fitopatógenos. Por possuírem o mesmo nicho ecológico, um dos meios de controle de fitopatógenos por parte dos endófitos é a competição por recursos envolvendo a interação entre esses organismos (Polli *et al.*, 2013).

Desta forma este trabalho teve como objetivos: a investigação da atividade antagonística *in vitro*, de fungos endofíticos isolados de *Eichhornia azurea* e *Eichhornia crassipes*, contra os fitopatógenos *Colletotrichum* sp. e *Alternaria alternata*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 OBTENÇÃO DOS ISOLADOS ENDOFÍTICOS

Os endófitos foram isolados das plantas *E. azurea* e *E. crassipes* coletadas da planície de inundação do alto rio Paraná, na Universidade estadual de Maringá (UEM)/Base Avançada do Nupélia, no município de Porto Rico, Paraná, Brasil, e isolados pelo método de fragmentação e identificados molecularmente por Almeida *et al.*, (2015).

## 2.2 OBTENÇÃO DOS FITOPATÓGENOS

Os fungos entomopatogênicos *Colletotrichum* sp. e *Alternaria alternata* foram gentilmente cedidos pelo Laboratório João Lúcio de Azevedo da Escola superior de agricultura “Luiz Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Brasil.

## 2.3 ATIVIDADE ANTAGONÍSTICA IN VITRO DOS ENDÓFITOS ISOLADOS

Os fungos endofíticos isolados dos tecidos foliares foram testados para atividade antagonística por meio da técnica de cultura pareada (Campanile; Ruscelli; Luisi, 2007) modificada. Discos de 6 mm de colônias crescidas por sete dias dos isolados endofíticos e fitopatógeno foram inoculados em pólos opostos de placas de Petri contendo meio de cultura BDA, a 4 cm de distância. Os testes foram realizados em triplicata, bem como o controle negativo, com o fitopatógeno em um (C1) ou ambos os pólos das placas (C2). As placas foram incubadas em incubadora B.O.D a 28°C por 7 dias. O índice de antagonismo (IA) de cada endófito foi calculado utilizando-se a fórmula:

$$IA = \frac{RM - rm}{RM} \quad (1)$$

Na qual  $rm$  = raio da colônia para o antagonista,  $RM$  = média nas demais direções. As interações competitivas entre endófitos e patógenos foram analisadas segundo a escala de Badalyan (Badalyan; Garibyan; Innocenti, 2002).

## 2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O teste de antagonismo *in vitro* foi avaliado estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott.

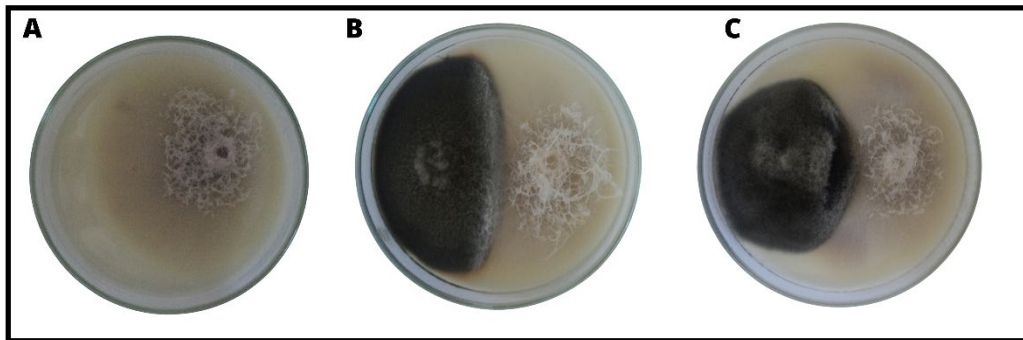
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ocupar nichos similares ao dos fitopatógenos, os microrganismos endofíticos podem ser considerados como controladores biológicos, conferindo ao hospedeiro proteção e resistência contra estes patógenos (Bacon et al., 2001; Arnold et al., 2003; Azevedo et al., 2000).

Desta forma, no presente estudo foram avaliados 23 fungos endofíticos isolados de *E. azurea* e *E. crassipes* usando a técnica de Cultura Pareada contra dois fitopatógenos (*A. alternata* e *Colletotrichum* sp.). Por meio da análise de variância (ANOVA) do Índice de Antagonismo (IA), foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as linhagens endofíticas testadas contra os fitopatógenos.

Frente ao fitopatógeno *Colletotrichum* sp., os IA obtidos variaram entre 22,85% e 81,15% sendo gerado oito grupos estatísticos distintos (Tabela 1). Os endófitos C25 (*Phoma* sp. - Genbank - KF852585) e C26 (*Bipolaris sorokiniana* - Genbank - KF852586), foram os isolados que apresentaram ausência de antagonismo. C5 (*Microsphaeropsis arundinis* - Genbank - KF852580) e AZ37 (*Microsphaeropsis arundinis* - Genbank - KF852600), apresentaram os menores IA, sendo 22,53% e 22,85% respectivamente. Os endófitos que apresentaram os maiores índices de antagonismo foram, C36 (*Bipolaris* sp. - Genbank - KF852587), com 68,08%, AZ13 (*Alternaria palandui* - Genbank - KF852593), com 70,87% e AZ26 (*Bipolaris papendorffi*-

Genbank - KF852597) com 81,15% (Figura 1), os demais isolados apresentaram índices de antagonismo que variaram entre 24% e 59,30%.



**Figura 1.** Teste de cultura pareada. (A) fitopatógeno *Colletotrichum* sp. (B) Isolado AZ26 (*Bipolaris papendorffii* - KF852597) contra o fitopatógeno *Colletotrichum* sp.; (C) Isolado AZ13 (*Alternaria palandui* - KF85259)

Fonte: os autores

**Tabela 1.** Índice de antagonismo dos fungos endofíticos (IA) e Interação competitiva (IC) na redução do crescimento dos fitopatógenos *Colletotrichum* sp. e *Alternaria alternata*

(Continua)

Endófito Código Genbank	Planta hospedeira	<i>Colletotrichum</i> sp.		<i>A. alternata</i>	
		IA	IC**	IA	IC
<i>Bipolaris</i> sp. KF852579	<i>E. crassipes</i>	39.59 <sup>F*</sup>	A	24.99 <sup>D</sup>	A
<i>Microsphaeropsis arundinis</i> KF852580	<i>E. crassipes</i>	22.53 <sup>D</sup>	A	28.10 <sup>D</sup>	B
<i>Curvularia trifolii</i> KF852581	<i>E. crassipes</i>	55.46 <sup>G</sup>	A	32.58 <sup>E</sup>	A
<i>Bipolaris papendorffii</i> KF852582	<i>E. crassipes</i>	43.72 <sup>F</sup>	A	41.14 <sup>H</sup>	A
<i>Cercospora kikuchii</i> KF852583	<i>E. crassipes</i>	55.60 <sup>G</sup>	A	38.61 <sup>F</sup>	A
<i>Plectosphaerella cucumerina</i> KF852584	<i>E. crassipes</i>	27.64 <sup>D</sup>	A	20.15 <sup>C</sup>	A
<i>Phoma</i> sp. KF852585	<i>E. crassipes</i>	0.00 <sup>B</sup>	-	27.64 <sup>D</sup>	A
<i>Bipolaris sorokiniana</i> KF852586	<i>E. crassipes</i>	0.00 <sup>B</sup>	-	22.56 <sup>C</sup>	A
<i>Bipolaris</i> sp. KF852587	<i>E. crassipes</i>	68.01 <sup>H</sup>	A	43.87 <sup>F</sup>	A
<i>Gibberella moniliformis</i> KF852588	<i>E. azurea</i>	41.55 <sup>F</sup>	A	28.72 <sup>D</sup>	B
<i>Diaporthe</i> sp. KF852589	<i>E. azurea</i>	54.08 <sup>G</sup>	A	21.83 <sup>C</sup>	A
<i>Saccharicola bicolor</i> KF852590	<i>E. azurea</i>	55.29 <sup>G</sup>	A	42.89 <sup>F</sup>	A

(Conclusão)

Endófito Código Genbank	Planta hospedeira	<i>Colletotrichum</i> sp.		<i>A. alternata</i>	
		IA	IC**	IA	IC
<i>Saccharicola bicolor</i> KF852591	<i>E. azurea</i>	55.04 <sup>G</sup>	A	42.51 <sup>F</sup>	A
<i>Cercospora</i> sp. KF852592	<i>E. azurea</i>	54.30 <sup>G</sup>	A	12.75 <sup>B</sup>	A
<i>Alternaria palandui</i> KF852593	<i>E. azurea</i>	70.87 <sup>H</sup>	A	38.62 <sup>F</sup>	A
<i>Alternaria alternata</i> KF852594	<i>E. azurea</i>	59.30 <sup>G</sup>	A	30.09 <sup>E</sup>	A
<i>Alternaria gaisen</i> KF852595	<i>E. azurea</i>	31.62 <sup>E</sup>	A	39.98 <sup>F</sup>	A
<i>Phoma</i> sp. KF852596	<i>E. azurea</i>	41.16 <sup>F</sup>	A	25.96 <sup>D</sup>	A
<i>Bipolaris papendorffii</i> KF852597	<i>E. azurea</i>	81.15 <sup>I</sup>	A	48.85 <sup>G</sup>	A
<i>Pestalotiopsis</i> sp -KF852598	<i>E. azurea</i>	43.90 <sup>F</sup>	A	56.95 <sup>H</sup>	A
<i>Pestalotiopsis</i> sp KF852599	<i>E. azurea</i>	51.46 <sup>G</sup>	A	32.44 <sup>E</sup>	A
<i>Microsphaeropsis arundinis</i> KF852600	<i>E. azurea</i>	22.85 <sup>D</sup>	A	20.63 <sup>C</sup>	A
<i>Alternaria mali</i> KF852601	<i>E. azurea</i>	52.10 <sup>G</sup>	A	36.47 <sup>F</sup>	A

\*Médias das triplicatas. Os valores médios seguidos de letras diferentes indicam que os intervalos AI são significativamente diferentes de acordo com o teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

\*\*Escala de Badalyan (Badalyan *et al.*, 2002): A = deadlock com contato micelial; B = deadlock à distância

Os testes de culturas pareadas realizados no presente estudo mostram que o isolado endofítico com maior índice de antagonismo contra os fitopatógenos *Colletotrichum* sp. e *A. alternata* foi o isolado AZ26 (*Bipolaris papendorffii* Genbank - KF852597), assim demonstrando um potencial para o biocontrole de fungos fitopatogênicos, uma vez que este isolado apresentou índices de inibição similares aos do gênero *Trichoderma* testado frente ao mesmo fitopatógeno por Begum, *et al.*, (2008). Dentro da agricultura e da literatura científica, o gênero *Trichoderma* é muito conhecido por auxiliar na produção de plantações e principalmente por ser amplamente utilizado como agente de biocontrole contra fitopatógenos.

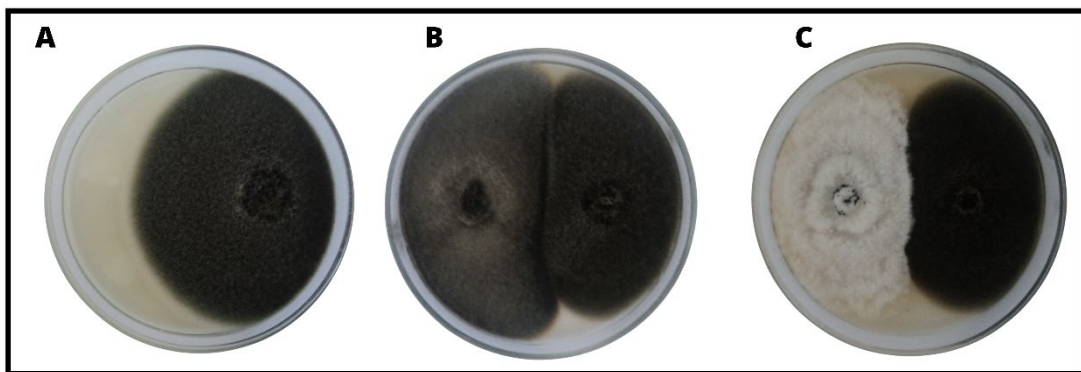
O biocontrole de fitopatógenos por parte dos fungos endofíticos envolve mecanismos que geralmente ocorrem simultaneamente para neutralizar o fungo patogênico. Dentre os mecanismos utilizados pelos endófitos podemos citar a antibiose, processo no qual o endófito produz enzimas e compostos orgânicos como alcalóides, ácidos, álcoois, entre outros, capazes de neutralizar o patógeno (Ownley; Gwinn; Vega, 2009).

O gênero *Bipolaris* ganhou destaque após a descrição de dois compostos bioativos com propriedades anti-proliferativas de células cancerosas (Kuan *et al.*, 2015). Além da produção de compostos bioativos, os fungos do gênero *Bipolaris* já foram relacionados com a produção de enzimas envolvidas com a degradação da parede celular. Aich *et al.*, (2017) analisaram o genoma do fungo *Bipolaris sorokiniana*, onde foram notados genes homólogos da família GH, GH3, GH6, GH7, GH45 e AA9, que codificam endonucleases

responsáveis pela degradação de parede celular. Desta forma acredita-se que o isolado endofítico AZ26 (*Bipolaris papendorfi* - Genbank- KF852597) pode ter utilizado a antibiose como um dos mecanismos para a inibição do fitopatógeno *Colletotrichum* sp.

Outro isolado endofítico com que apresentou um IA expressivo foi o AZ13 (*Alternaria palandui* – Genbank - KF852593). Fungos deste gênero apresentam uma ampla distribuição na natureza e hábitos de vida diversos, desde fitopatógenos até endófitos. Representa um gênero de grande interesse pois apresenta uma ampla diversidade de metabólitos de atividades variadas como, citotóxicas e fitotóxicas, antitumorais e antimicrobianas, sendo que algumas espécies isoladas com fungos endofíticos apresentaram atividade antifúngica (Lou *et al.*, 2013).

Em relação ao fitopatógeno *A. alternata*, a análise demonstrou que os IA obtidos variaram entre 12,75% e 56,95%, sendo gerado sete grupos estatísticos distintos (Tabela 1). Os endófitos que demonstraram menores índices de antagonismo foram AZ12 (*Cercospora* sp. - KF852592) e C21 (*Cercospora* sp. - Genbank- KF852592) com 12,8% e 20,12% respectivamente. Já os endófitos com maior índice de antagonismo foram AZ26 (*Bipolaris papendorfi* - KF852597) e AZ33 (*Pestalotiopsis* sp.- Genbank-KF852598) (Figura 2), com 48,85% e 57% respectivamente. Os demais isolados demonstraram índices entre 20,63% e 42,89%.



**Figura 2.** Teste de cultura pareada. (A) fitopatógeno *A. alternata*. (B) Isolado AZ26 (*Bipolaris papendorfi* - KF852597) contra o fitopatógeno *A. alternata*; (C) Isolado AZ33 (*Pestalotiopsis* sp.- Genbank - KF852598)

Fonte: os autores

O gênero *Pestalotiopsis* é conhecido pelo grande interesse biotecnológico, suas espécies são geralmente isoladas como endófitos e são amplamente distribuídas pela região tropical. São produtoras de uma grande variedade de compostos bioativos com aplicações na indústria, dentro da medicina e na agricultura. Os metabólitos secundários produzidos por *Pestalotiopsis* spp. são diversos e com atividades variadas como antitumoral, antimicrobiano e até mesmo antifúngica (Maharachchikumbura *et al.*, 2014), corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

De acordo com a escala de Badalyan, as interações competitivas entre endófitos, tanto os isolados de *E. azurea* quanto de *E. crassipes*, frente aos fitopatógenos *Colletotrichum* sp. e *A. alternata* foram em maioria do tipo A (Tabela 2), que é caracterizado pela inibição por contato micelial entre o endófito e o fitopatógeno. Estes resultados estão de acordo com os apresentados por Orlandelli *et al.*, (2015), com isolados endofíticos oriundos de *Piper hispidum* frente aos mesmos patógenos. Tais observações nos fornecem informações importantes para a seleção de endófitos com potencial de biocontrole de fungos fitopatogênicos, uma vez que mostram como estes microrganismos interagem entre si.

**Tabela 2.** Porcentagem das interações competitivas entre os endófitos e os fitopatógenos de acordo com a escala de Badalyan (2002).

Fitopatógenos	Interação competitiva	Porcentagem dos isolados (%)
<i>Colletotrichum</i> sp.	A	86.6
	B	-
	*	13.4
<i>Alternaria alternata</i>	A	91,31
	B	8.69
	*	-

\* não houve interação

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma, fica evidente o potencial antagonista dos fungos endofíticos isolados de *E. azurea* e *E. crassipes*, mostrando que estes isolados podem ser promissores para o uso no biocontrole destes fitopatógenos. Porém, para que seja aplicado novas investigações devem ser feitas para melhor compreensão dos mecanismos utilizados por estes endófitos para tais potenciais.

#### REFERÊNCIAS

- AGUNBIADE, Foluso. O.; OLU-OWOLABI, Bamidele. I.; ADEBOWALE, Kayode. O. Phytoremediation potential of *Eichhornia crassipes* in metal-contaminated coastal water. **Bioresource Technology**, Amsterdã, v. 100, n. 19, p. 4521–4526, 1 out. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.011>
- AICH, Shritama *et al.* Genome-wide characterization of cellulases from the hemi-biotrophic plant pathogen, *Bipolaris sorokiniana*, reveals the presence of a highly stable GH7 endoglucanase. **Biotechnol. Biofuels**, Berlim, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2017. <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0822-0>
- ALMEIDA, Tiago Tognolli *et al.* Molecular characterization of the endophytic fungal community associated with *Eichhornia azurea* (Kunth) and *Eichhornia crassipes* (Mart.) (Pontederiaceae) native to the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Genet. Mol. Res.**, Ribeirão Preto, v. 1, n.10, p.4920-4931, 2015. <https://doi.org/10.4238/2015.May.11.25>
- ALMEIDA, Tiago Tognolli *et al.* Curvulin and spirostaphylotrichins R and U from extracts produced by two endophytic *Bipolaris* sp. associated to aquatic macrophytes with antileishmanial activity. **Nat. Prod. Res.**, Oxfordshire, v. 32, n. 23, p. 2783-2790, 2018. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1380011>
- ARNOLD, A. Elizabeth *et al.* Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, Washington, v. 100, n. 26, p. 15649-15654, 2003. <https://doi.org/10.1073/pnas.2533483100>
- AZEVEDO, João Lúcio *et al.* Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**. v. 3, n. 1, p. 15-16, 2000.
- AZEVEDO, Júlio César Rodrigues *et al.* Contribuição da decomposição de macrófitas aquáticas (*Eichhornia azurea*) na matéria orgânica dissolvida. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 5, 2008.

BACON, C. W. *et al.* Biological control of *Fusarium moniliforme* in maize. **Environ. Health Perspect**, Michigan, v. 109, n. suppl 2, p. 325-332, 2001. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s2325>

BADALYAN, Susanna M.; GARIBYAN, Narine G.; INNOCENTI, Gloria. Antagonistic activity of xylotrophic mushrooms against pathogenic fungi of cereals in dual culture. **Phytopathol. Mediterr**, Florença, p. 1000-1006, 2002. [https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-1668](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-1668)

BERNARDI-WENZEL, Juliana *et al.* Molecular characterization by amplified ribosomal DNA restriction analysis and antimicrobial potential of endophytic fungi isolated from *Luehea divaricata* (Malvaceae) against plant pathogenic fungi and pathogenic bacteria. **Genet Mol Res**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 4, p. 5072-5084, 2013. <https://doi.org/10.4238/2013.october.29.2>

BEGUM, Maioria. M. *et al.* Antagonistic potential of selected fungal and bacterial biocontrol agents against *Colletotrichum truncatum* of soybean seeds. **Pertanika J. Trop. Agric. Sci**, Putra, v. 31, n. 1, p. 45-53, 2008.

BHUNJUN, Chitrabhanu S. *et al.* Investigating species boundaries in *Colletotrichum*. **Fungal Divers.**, Kunming, v. 107, n. 1, p. 107-127, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00471-z>

CAMPANILE, Grazia.; RUSCELLI, Angela.; LUISI, Nicola. Antagonistic activity of endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by in vitro and in planta tests. **European Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 117, n. 3, p. 237-246, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10658-006-9089-1>

COSTA NETO, Pedro de Queiroz. Isolamento e identificação de fungos endofíticos da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) e caracterização por marcadores moleculares, São Carlos, 2002 <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/5450>

CUZZI, Cláudia *et al.* Enzimas extracelulares produzidas por fungos endofíticos isolados de *Baccharis Dracunculifolia* DC (ASTERACEAE). **Global Science and Technology**, v. 4, n. 2, 2011. ISSN 1984-3801

KUAN, Chee Sian *et al.* Dissecting the fungal biology of *Bipolaris papendorffii*: from phylogenetic to comparative genomic analysis. **DNA Res.**, Oxonia, v. 22, n. 3, p. 219-232, 2015. <https://doi.org/10.1093/dnares/dsv007>

LOU, Jingfeng *et al.* Metabolites from *Alternaria* fungi and their bioactivities. **Molecules**, v. 18, n. 5, p. 5891-5935, 2013. <https://doi.org/10.3390/molecules18055891>

MAHARACHCHIKUMBURA, Sajeewa SN *et al.* Pestalotiopsis revisited. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 79, n. 1, p. 121-186, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005>

MENDES, Rodrigo.; AZEVEDO, João. Lúcio. Valor biotecnológico de fungos endofíticos isolados de plantas de interesse econômico. **Micologia: avanços no conhecimento. Sociedade Brasileira de Micologia**, Recife, p. 129-140, 2007.

MISHRA, Jitendra.; ARORA, Naveen. K. Secondary metabolites of fluorescent pseudomonads in biocontrol of phytopathogens for sustainable agriculture. **Applied Soil Ecology**, Amsterdã, v. 125, p. 35-45, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.12.004>

MODENES, Aparecido N. *et al.* Removal of heavy metals Cd (II), Cu (II) and Zn (II) biosorption process by using the macrophyte *Eichhornia crassipes*. **REM-REVISTA ESCOLA DE MINAS**, Ouro preto v. 66, n. 3, p. 355-362, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672013000300013>



OLIVEIRA, Ana Paula de. **Avaliação da influência dos macronutrientes na bioacumulação do chumbo pela *Eichhornia crassipes***. 2012. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2012. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/1900>

ORLANDELLI, Ravelly Casarotti *et al.* Antifungal and proteolytic activities of endophytic fungi isolated from *Piper hispidum* Sw. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 46, p. 359-366, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246220131042>

ORLANDELLI, Ravelly Casarotti *et al.* Diversity of endophytic fungal community associated with *Piper hispidum* (Piperaceae) leaves. **Genet Mol Res**, Ribeirão Preto v. 11, n. 2, p. 1575-1585, 2012. <http://dx.doi.org/10.4238/2012.May.22.7>

OWNLEY, Bonnie. H.; GWINN, Kimberly. D.; VEGA, Fernando. E. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. **BioControl**, Berlim, v. 55, n. 1, p. 113-128, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9241-x>

POLLI, Andressa Domingos *et al.* Atividade antagonística dos fungos endofíticos *Phoma* sp. e *Alternaria* sp. isolados de folhas de *Sapindus saponaria* contra o fitopatógeno *Fusarium solani*. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, Londrina, v. 2, n. 3 esp, p. 320-323, 2013. <https://doi.org/10.5433/2316-5200.2013V2N3ESPP320>

POTT, V. Joana.; POTT, Arnildo. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Corumbá: Embrapa-CPAP, 2000. 404 p.

SILVA, C. V.; HENRY, R. Aquatic macroinvertebrates associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth and relationships with abiotic factors in marginal lentic ecosystems (São Paulo, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 73, p. 149-162, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000100016>

STROBEL, Gary.; DAISY, Bryan. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. **Microbiology and molecular biology reviews**, Washington, v. 67, n. 4, p. 491-502, 2003. <https://doi.org/10.1128/MMBR.67.4.491-502.2003>

TOZLU, Elif. *et al.* Investigation on the biological control of *Alternaria alternata*. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 88, n. 8, p. 1241-1247, 2018.

WANG, Jianfeng *et al.* Taxol from *Tubercularia* sp. strain TF5, an endophytic fungus of *Taxus mairei*. **FEMS Microbiology Letters**, Oxonia, v. 193, n. 2, p. 249-253, 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2000.tb09432.x>