

The cover features two branches of pink cherry blossoms. One branch is positioned in the upper left quadrant, and another is in the lower right quadrant. The blossoms are in various stages of bloom, with some showing prominent stamens. The background is a light pink gradient with a white curved shape behind the text.

# Tópicos Integrados em Botânica

Jesus Rodrigues Lemos  
(Organizador)

**Atena**  
Editora

Ano 2021



# Tópicos Integrados em Botânica

Jesus Rodrigues Lemos  
(Organizador)

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Antonio Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Jesus Rodrigues Lemos

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

T674	Tópicos integrados em botânica / Organizador Jesus Rodrigues Lemos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-693-5 DOI 10.22533/at.ed.935210601  1. Botânica. I. Lemos, Jesus Rodrigues (Organizador). II. Título.  CDD 580
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

Com a vertiginosa perda da biodiversidade que assola o país e o mundo, cada vez torna-se necessário conhecer cientificamente os organismos vivos, tanto do ponto de vista da sua forma e composição corporal quanto do seu papel ecológico nos ecossistemas. As plantas, base da cadeia trófica, neste sentido, são organismos que devem, ainda mais, receberem atenção no que se refere à aquisição de informações, para que possam ser somadas ao que já existe, encorpando o cenário e proporcionando uma visão mais abrangente da biota do planeta.

Neste raciocínio, o E-book “Tópicos Integrados em Botânica” permeia por diversas subáreas do conhecimento da Botânica, com pesquisas de perfis que vão de revisões temáticas a investigação de potencial tecnológico e de aquisição de informações da diversidade de grupos vegetais, trazendo, no todo, pesquisas Básicas e Aplicadas. Neste sentido, como o próprio título sugere, tem-se uma integralização e interdisciplinaridade de informações científicas recentes envolvendo estes organismos.

Para ter-se uma fluência didática, os capítulos foram trazidos no sequenciamento de pesquisas desenvolvidas a nível microscópico e macroscópico, o que, também, como já esperado, denota a heterogeneidade deste volume, extremamente rico, o qual contribuirá, indubitavelmente, tanto com a formação de jovens graduandos e pós-graduandos, quanto com a atualização de profissionais já experientes no seu campo de saber. Ademais, poderá também acrescentar conhecimento ao leitor extra-acadêmico interessado nas temáticas aqui abordadas.

Assim, bom proveito na aquisição e/ou complemento de novos conhecimentos!

Jesus Rodrigues Lemos

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

POTENCIAL DE CARICA PAPAYA L. COMO AGENTE ALELOQUÍMICO SOBRE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE GLYCINE MAX E PHALARIS CANARIENSIS

Jesieli Beraldo-Borrazzo

Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm

Grisiely Yara Ströher Neves

**DOI 10.22533/at.ed.9352106011**

### **CAPÍTULO 2..... 11**

EFFECT OF GIBERELIC ACID ON THE GERMINATION OF *Vaccinium meridionale* Sw. SEEDS.

Carlos Augusto Martínez Mamián

Sandra Lorena Lopez Quintero

Ximena Andrea Ruiz Erazo

**DOI 10.22533/at.ed.9352106012**

### **CAPÍTULO 3..... 22**

POTENCIAL DA TECNOLOGIA MICORRÍZICA PARA AUMENTO NA BIOSÍNTESE DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM PLANTAS

Fábio Sérgio Barbosa da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.9352106013**

### **CAPÍTULO 4..... 32**

TANINOS: UMA REVISÃO

Aline de Jesus Lustosa Nogueira

Ana Paula Muniz Serejo

Andressa Almeida Santana Dias

Denise Fernandes Coutinho

**DOI 10.22533/at.ed.9352106014**

### **CAPÍTULO 5..... 45**

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA E HISTOQUÍMICA DE *PISTIA STRATIOTES* L. (ARACEAE) OCORRENTE NO RIO IGARAÇU, PIAUÍ, BRASIL

Claudio Roberto Oliveira Gomes

Maria Francilene Souza Silva

Marleide de Sousa Chaves Rêgo

Maria de Fátima de Oliveira Pires

Ivanilza Moreira de Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.9352106015**

### **CAPÍTULO 6..... 59**

BRIÓFITAS OCORRENTES NO PARQUE ECOLÓGICO CACHOEIRA DO URUBU, ESPERANTINA-PIAUI, BRASIL

Jéssica Araujo

Hermeson Cassiano de Oliveira

Maria Helena Alves

**DOI 10.22533/at.ed.9352106016**

<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>75</b>
<b>A ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA COMO MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE TÁXONS: ENFOQUE EM ESPÉCIES AQUÁTICAS DE ARACEAE</b>	
Jousimar Silva Paiva	
Maria Francilene Souza Silva	
Ivanilza Moreira de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9352106017</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>88</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>89</b>

# CAPÍTULO 3

## POTENCIAL DA TECNOLOGIA MICORRÍZICA PARA AUMENTO NA BIOSÍNTESE DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM PLANTAS

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 08/12/2020

**Fábio Sérgio Barbosa da Silva**

Programa de Pós-Graduação em Biologia  
Celular e Molecular Aplicada – Instituto  
de Ciências Biológicas – Universidade de  
Pernambuco  
Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1170471698880208>

Parte do Trabalho Original de Tese de Livre Docente -  
Universidade de Pernambuco.

**RESUMO:** Fungos micorrízicos arbusculares (FMA), quando aplicados em vegetais, podem aumentar a biossíntese de moléculas de importância terapêutica e tal benefício melhora a qualidade da fitomassa a ser comercializada à indústria de fitomedicamentos. Essa revisão sumariza o potencial da tecnologia micorrízica em otimizar a produção de compostos bioativos vegetais, com destaque para o grupo dos fenólicos. Informações sobre os mecanismos que os FMA utilizam para maximizar a biossíntese desses metabólitos secundários também são apresentadas, bem como a perspectiva de trabalhos nessa área da micorrizologia.

**PALAVRAS - CHAVE:** Glomeromycota; micorriza; metabolismo secundário.

### POTENTIAL OF MYCORRHIZAL TECHNOLOGY FOR INCREASING BIOSYNTHESIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN PLANTS<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) when applied to plants can increase the biosynthesis of molecules of therapeutic importance and this benefit improves the quality of phytomass to be marketed to the herbal medicine industry. This review addresses the potential of mycorrhizal technology to optimize the production of bioactive compounds, with an emphasis on the phenolic group. Information on the mechanisms that the AMF use to maximize the biosynthesis of these secondary metabolites is also presented, as well as the perspective of work in this area of mycorrhizology.

**KEYWORDS:** Glomeromycota; mycorrhiza; secondary metabolism.

#### 1 | SIMBIOSE MICORRÍZICA ARBUSCULAR

Uma das simbioses mais documentadas e considerada regra na natureza é aquela entre certos grupos de fungos do solo e raízes, denominada micorrizas. Há diversos tipos de micorrizas e a classificação está baseada na morfo-anatomia das raízes colonizadas pelos fungos. Dentre as mais relevantes nos trópicos, destaca-se a micorriza arbuscular. Tal relação é estabelecida entre fungos do Filo Glomeromycota (Wijayawardene *et al.* 2020), conhecidos como fungos micorrízicos arbusculares (FMA), e diversos representantes

de famílias botânicas estudadas.

O estabelecimento da micorriza começa com a germinação de esporo de FMA quiescente, que emite um tubo germinativo. Esse processo independe da presença do hospedeiro e é favorecido pela presença de água e de CO<sub>2</sub> no meio, como abordado, em revisão, por Giovannetti *et al.* (2010). O micélio formado tem ramificações dicotômicas e quando alcança a raiz forma um apressório, que por pressão mecânica e ação enzimática, favorece o início da fase simbiótica. Uma vez vencida tal barreira, há a formação de hifas inter e intracelulares, caracterizando a colonização radicular. Na colonização intracelular, não há rompimento da membrana plasmática e, caracteristicamente, forma-se o arbúsculo, hifa altamente ramificada responsável pela troca de nutrientes entre os parceiros. Além disso, ocorre a formação de uma membrana periarbuscular que delimita o espaço apoplástico entre os simbiosites; tal região é considerada extremamente ativa e importante para a funcionalidade da simbiose (Gere *et al.* 2010).

Quando a simbiose está bem estabelecida, ocorre a formação de ampla rede micelial externa à raiz, caracterizando o micélio extraradicular, responsável pelo aumento na captação de água e de nutrientes do solo para a planta. Somado a isto, ocorre melhoria da agregação do solo, via deposição de glicoproteínas denominadas Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG) e também pela trama de hifas externas (Mergulhão *et al.* 2008)

Na maioria das vezes, após formação do micélio, tem-se a esporulação, processo importante para a propagação do fungo no ambiente, que é governado por fatores associados ao hospedeiro e ao solo (Silva *et al.* 2007). Os glomerosporos são formados por reprodução assexuada e contém diversos núcleos; acredita-se que processos de homo e/ou heterocariose sejam relevantes para a manutenção da diversidade genética desses microrganismos (Pawlowska e Taylor, 2004).

Com a simbiose bem estabelecida, ocorre, na maioria das situações, benefícios para o hospedeiro, que são traduzidos em aumento no crescimento e no *status* fisiológico do vegetal (Siddiqui e Pichtel 2008; Adolfsson *et al.* 2015), sendo considerada uma ferramenta biotecnológica sustentável na agricultura (Tkacz e Poole, 2015). O máximo benefício é alcançado quando isolados selecionados são utilizados e as condições edáficas adequadas para atuação do fungo. Nesse sentido, deve-se considerar que existe compatibilidade funcional diferenciada entre os parceiros, mesmo sendo uma associação sem especificidade hospedeira (Santos *et al.* 2017).

Um dos maiores entraves para utilização dos FMA em larga-escala é a produção e a comercialização do inoculante e isso tem associação com o caráter simbiotrófico do fungo e com a necessidade de substratos condutivos à reprodução, que devem ser leves e propícios à manutenção da infectividade do inóculo (Silva, 2006).

## 21 PRODUÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM PLANTAS MICORRIZADAS

As plantas desenvolveram estratégias para garantir a sobrevivência no meio e uma das alternativas foi o direcionamento de moléculas do metabolismo primário para formação de compostos conhecidos como metabólitos secundários. A importância dessas moléculas no vegetal está associada à proteção contra raios UV, à atração de polinizadores e ao estabelecimento de relações simbióticas (Taiz e Zeiger, 2013), dentre outras funções.

Didaticamente, os compostos do metabolismo secundário vegetal são divididos em fenólicos, nitrogenados e terpenos e as principais rotas envolvidas na biossíntese incluem as do ácido chiquímico, do ácido malônico, do ácido mevalônico e da MEP (metil-eritrol-fosfato) (Taiz e Zeiger, 2013). A produção dessas biomoléculas pode ser alterada em resposta à presença de microorganismos (Singh *et al.* 2012a), aos adubos orgânicos utilizados na fertilização do solo (Singh *et al.* 2012b) e ao ataque de patógenos, dentre outras condições. Somado a isto, a melhor nutrição vegetal pode proporcionar aumento na produção de compostos primários, que estão metabolicamente ligados à síntese de fitoquímicos (Pedone-Bonfim *et al.* 2013).

Considerando a importância medicinal dos compostos bioativos e a pequena quantidade produzida na fitomassa, alternativas têm sido delineadas para aumentar a produção dessas biomoléculas; algumas incluem a produção em cultura de células vegetais, o melhoramento genético vegetal, a expressão heteróloga e a utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal (Garcia-Seco *et al.* 2015).

Dentre os microrganismos conhecidos por aumentar a produção desses compostos, destacam-se os FMA. Inicialmente, as pesquisas focando a produção de compostos secundários, em função da inoculação micorrízica, foram direcionadas à elucidação dos mecanismos de reconhecimento entre os simbiossiontes (Vierheilig *et al.* 2000). A perspectiva do uso da tecnologia micorrízica para otimização da produção de compostos do metabolismo secundário pode gerar reflexos na indústria de fitomedicamentos, e tal fato deve ser considerado, pois tecidos de plantas micorrizadas podem acumular mais biomoléculas de importância médica, tornando-as fonte de matéria-prima (Eftekhari *et al.* 2012). Tal prisma é recente, datando cerca de duas décadas, com os primeiros relatos dos benefícios da micorrização sobre a produção de compostos de importância medicinal documentados por pesquisadores chineses (Wei & Wang 1989; 1991).

Até meados de 2020, foram publicados cerca 250 artigos científicos relatando a produção de compostos bioativos em função da inoculação micorrízica. Desses, a classe mais estudada é a dos fenólicos, seguida dos terpenos e dos compostos nitrogenados. Focando no prisma nacional, a produção no Brasil representa cerca de 15 % dos artigos nessa área da Micorrizologia. Espécies vegetais utilizadas, com os compostos doseados e com os fungos mais promissores podem ser encontrados em Zeng *et al.* (2013), em Pedone-Bonfim *et al.* (2015) e em Sharma *et al.* (2017).

No Brasil, os primeiros relatos, do efeito da micorrização na produção de compostos secundários, foram publicados em meados dos anos 2000 (Freitas *et al.* 2004). Posteriormente, pesquisadores do Sudeste divulgaram os benefícios da tecnologia na produção de óleoresina (Silva *et al.* 2008). No Nordeste, a pesquisa foi iniciada no Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas (LAPEM), anteriormente denominado Laboratório de Tecnologia Micorrízica (LTM), da Universidade de Pernambuco, em parceria com o Laboratório de Micorrizas da Universidade Federal de Pernambuco. O grupo tem verificado os benefícios da micorrização para concentrar biomoléculas em diversos grupos vegetais, com destaque para fruteiras e para espécies medicinais no ocorrentes no bioma Caatinga, representando aproximadamente 54 % da produção nacional nessa área.

Dos trabalhos conduzidos no Brasil, a maioria utilizou folhas, havendo poucos estudos com outros órgãos vegetais; nesse sentido, é necessário o investimento em pesquisas com outras partes vegetais, que são utilizadas na indústria de fitomedicamentos, como a casca do caule, as flores e os frutos. Além disso, os incrementos na produção de compostos bioativos resultantes da inoculação variaram de 28,97 a 531,16 %, dependendo do FMA, da espécie vegetal e do fitoquímico estudado. No panorama brasileiro, os fungos mais utilizados foram *Claroideoglossum etunicatum* (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler, *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Sm. e *Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck., revelando a necessidade de ampliação da diversidade de isolados de FMA utilizados nos ensaios.

Os benefícios da micorrização na produção de compostos bioativos estão relacionados a alguns mecanismos, que contribuem para otimização da biossíntese em plantas inoculadas com FMA, como: 1) melhoria na absorção de nutrientes para o vegetal (Mollavali *et al.* 2016;), sobretudo o Fósforo (Freitas *et al.* 2004); 2) alterações nos níveis hormonais vegetais (Zubek *et al.* 2012); 3) ativação de rotas metabólicas (Zimare *et al.* 2013); 4) resposta de defesa da planta à colonização micorrízica (Mollavali *et al.* 2016); 5) produção espécies reativas de oxigênio (Chaudhary *et al.* 2008); 6) síntese otimizada de algumas enzimas envolvidas na produção de compostos secundários (Toussaint *et al.* 2007); 7) regulação na síntese de metabólitos secundários, mediada pelos níveis de açúcares, via controle gênico (Mota-Fernández *et al.* 2011); 8) otimização da biossíntese de moléculas sinalizadoras, como o óxido nítrico, o peróxido de hidrogênio e o ácido salicílico (Zhang *et al.* 2013) e 9) aumento na expressão de genes associados à síntese de compostos bioativos, quando as plantas estão formando micorriza (Mandal *et al.* 2015 a,b; Battini *et al.* 2016). É provável que alguns desses mecanismos ocorram concomitantemente (Toussaint 2007).

Os principais fatores que influenciam a produção de metabólitos secundários em plantas micorrizadas são: espécie vegetal (Damodaran *et al.* 2010), isolados de FMA (Oliveira *et al.* 2019), condições edáficas (Silva e Silva 2019), alterações fisiológicas na planta (Baslam & Goicoechea 2012) e órgão vegetal estudado (Zimare *et al.* 2013). Na

maioria das situações, a produção de diversos compostos do metabolismo secundário, além dos metabólitos primários, tem sido maximizada pela aplicação de FMA (Oliveira *et al.* 2020).

Por outro lado, apesar de pouco documentado, em algumas situações a aplicação de FMA não otimiza a produção de compostos bioativos, como registrado por Silva e Silva (2017), em *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. Efeitos negativos também são conhecidos, como registrado em *Salvia officinalis* L. inoculada com *R. intraradices*, para a concentração de fenólicos (Geneva *et al.* 2010).

Os efeitos positivos e negativos da micorrização, na produção de compostos secundários vegetais, podem ser modulados pela concentração de nutrientes no solo (Silva e Maia 2018). Nesse âmbito, o Fósforo tem sido apontado como o principal nutriente envolvido na síntese de metabólitos em plantas micorrizadas (Toussaint *et al.* 2007), mas há situações em que a aplicação de P não altera a produção de fitoquímicos, independentemente da micorrização (Mota-Fernández *et al.* 2011). Tais achados apontam para padrões diferenciados de produção de biomoléculas em mudas micorrizadas em função da concentração de P no solo.

Um dos grupos mais estudados de compostos secundários inclui os fenólicos. Na maioria dos relatos, a micorrização favoreceu o acúmulo dessas moléculas (Oliveira *et al.* 2013; 2015 a,b; 2019; 2020; Silva *et al.* 2014 a,b); no entanto, os benefícios variam com o FMA estudado (Silva e Silva, 2019; Silva *et al.* 2018; 2019), a duração do experimento (Zhang *et al.* 2013), a espécie de FMA (Santos *et al.* 2020), as condições de fertilidade (Nell *et al.* 2010; Baslam *et al.* 2011) e as propriedades edáficas, sobretudo o P (Silva e Maia, 2018). Isso indica que para se alcançar máximo benefício da micorrização, na produção de metabólitos secundários, diversos fatores devem ser considerados.

Nesse sentido, a produção de taninos hidrolisáveis em função da micorrização tem sido documentada (Rajeshkumar *et al.* 2008; Selvaraj *et al.* (2009): Nisha & Rajeshkumar (2010) verificaram que a inoculação micorrízica promoveu maior concentração de taninos hidrolisáveis nos tecidos de *Wedelilla chinensis* (Osbeck) Merr. Por outro lado, poucos estudos foram dedicados à quantificação de proantocianidinas em plantas micorrizadas (Santos *et al.* 2017).

Apesar dos benefícios da micorrização, generalizações sobre a atuação dos FMA no metabolismo secundário devem ser evitadas, considerando que Antunes *et al.* (2006) verificaram que a produção de compostos bioativos em *Glycine max* (L.) Merr micorrizada variou com o tipo de molécula estudada. Resultados semelhantes foram obtidos por Khaosaad *et al.* (2008) em *Trifolium pratense* L. micorrizada, indicando que a eficiência micorrízica é dependente dos parceiros simbiotes e da biomolécula estudada (Eftekhari *et al.* 2012).

O foco atual dos estudos tange o efeito da micorrização na produção de diversas classes de compostos e moléculas específicas do metabolismo secundário vegetal.

Estudos futuros devem incluir, ente outros, análise metabolômica das plantas micorrizadas (Schweiger e Müller, 2015), investigação sobre o potencial terapêutico de extratos de plantas micorrizadas em relação àqueles de plantas não associadas a FMA, seleção de fungos eficientes para os sistemas de produção de plantas medicinais ainda não estudadas, definição do papel de micro e macronutrientes envolvidos na síntese de macromoléculas em vegetais micorrizados, além da elucidação de outros mecanismos envolvidos na otimização da produção de compostos bioativos em plantas medicinais (Eftekhari *et al.* 2012; Zeng *et al.* 2013).

## REFERÊNCIAS

ADOLFSSON, L. *et al.* Mycorrhiza symbiosis increases the surface for sunlight capture in *Medicago truncatula* for better photosynthetic production. **PLOS One**. 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0115314. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0115314>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ANTUNES, P. M. *et al.* Accumulation of specific flavonoids in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) as a function of the early tripartite symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* (Kirchner) Jordan. **Soil Biol Biochem**, v. 28, p. 1234-1242. 2006.

BASLAM M.; GOICOECHEA N. Water deficit improved the capacity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for inducing the accumulation of antioxidant compounds in lettuce leaves. **Mycorrhiza**, v. 22, p. 347-359. 2012

BATTINI, F. *et al.* *Rhizophagus intraradices* or its associated bacteria affect gene expression of key enzymes involved in the rosmarinic acid biosynthetic pathway of basil. **Mycorrhiza**, v.26, p. 669-7070. 2016.

CHAUDHARY, V.; KAPOOR, R.; BHATNAGAR, A. K. Effectiveness of two arbuscular mycorrhizal fungi on concentrations of essential oil and artemisinin in three accessions of *Artemisia annua* L. **Appl Soil Ecol**, v. 40, p.174-181. 2008.

DAMODARAN, P. N.; UDAIYAN, K.; JEE, H. J. Biochemical changes in cotton plants by arbuscular mycorrhizal colonization. **Res Biotech**, v. 1, p. 6-14. 2010.

EFTEKHARI, M.; ALIZADEH, M.; EBRAHIMI, P. Evaluation of the total phenolics and quercetin content of foliage in mycorrhizal grape (*Vitis vinifera* L.) varieties and effect of postharvest drying on quercetin yield. **Ind Crop Prod**, v. 38, p.160-165. 2012.

FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; CARNEIRO, R. F. V. Crescimento e produção de fenóis totais em carqueja [*Baccharis trimera* (Less.) DC] em resposta a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares, na presença e na ausência de adubação mineral. **Rev Bras PI Med**, v. 6, p. 30-34. 2004.

GARCIA-SECO, D. *et al.* Application of *Pseudomonas fluorescens* to blackberry under field conditions improves fruit quality by modifying flavonoid metabolism. **PLOS One**. 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0142639. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0142639>. Acesso em: 28 nov. 2020.

- GENEVA, M. P. *et al.* Effects of foliar fertilization and arbuscular mycorrhizal colonization on *Salvia officinalis* L. growth, antioxidant capacity, and essential oil composition. **J Sci Food Agric**, v. 90, p. 696-702. 2010.
- GERE, A.; BONFANTE, P. The Making of Symbiotic Cells in Arbuscular Mycorrhizal Roots. *In*: KOLTAL, H.; KAPULNIK, Y. (org.). **Arbuscular mycorrhizas: Physiology and Function**. New York: Springer Dordrecht Heidelberg London, 2010. p. 57-72.
- GIOVANNETTI, M.; AVIO, L.; SBRANA, C. Fungal Spore Germination and Pre-symbiotic Mycelial Growth – Physiological and Genetic Aspects. *In*: KOLTAL, H.; KAPULNIK, Y. (org.). **Arbuscular mycorrhizas: Physiology and Function**. New York: Springer Dordrecht Heidelberg London, 2010. p. 3-32.
- KHAOSAAD, T. *et al.* Effect of mycorrhization on the isoflavone content and the phytoestrogen activity of red clover. **J Plant Physiol**, v. 165, p. 1161-1167. 2008.
- LIMA, C. S.; CAMPOS, M. A. S.; SILVA, F. S. B. Mycorrhizal Fungi (AMF) increase the content of biomolecules in leaves of *Inga vera* Willd. seedlings. **Symbiosis**, v. 65, p. 117-123, 2015.
- MALLAVALI, M. *et al.* Flavonol glucoside and antioxidant enzyme biosynthesis affected by mycorrhizal fungi in various cultivars of onion (*Allium cepa* L.). **J Agr Food Chem**, v. 64, p. 71-77. 2016
- MANDAL, S. *et al.* Enhanced production of steviol glycosides in mycorrhizal plants: A concerted effect of arbuscular mycorrhizal symbiosis on transcription of biosynthetic genes. **Plant Physiol Biochem**, v. 89, p. 89: 100-106. 2015a.
- MANDAL, S. *et al.* Arbuscular mycorrhiza increase artemisinin accumulation in *Artemisia annua* by higher expression of key biosynthesis genes via enhanced jasmonic acid levels. **Mycorrhiza**, v. 25, p. 345-357. 2015b.
- MERGULHÃO, A. C. E. S.; BURITY, H. A.; MAIA, L. C.; SILVA, F. S. B. Glomalina: a glicoproteína dos fungos micorrízicos arbusculares. *In*: FIGUEIREDO, M. *et al.* (org.). **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p. 329-344.
- MOTA-FERNÁNDEZ, S. *et al.* Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus concentrations on plant growth and phenols in micropropagated *Aloe vera* L. plantlets. **J Med Plants Res**, v. 5, p. 6260-6266. 2011.
- NELL, M. *et al.* Effect of phosphorus uptake on growth and secondary metabolites of garden sage (*Salvia officinalis* L.). **J Sci Food Agric**, v. 89, p. 1090-1096. 2008.
- NISHA, M. C.; RAJESHKUMAR, S. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on biochemical changes in *Weddilla chinensis* (Osbeck) Merril. **Anc Sci Life**, v. 29, p. 26-29. 2010.
- OLIVEIRA, M. S. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) affects biomolecules content in *Myracrodruon urundeuva* seedlings. **Ind Crop Prod**, v. 50, p. 244-247. 2013.
- OLIVEIRA, M. S.; CAMPOS, M. A. S.; SILVA, F. S. B. Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost to maximize the production of foliar biomolecules in *Passiflora alata* Curtis seedlings. **J Sci Food Agric**, v. 95, p. 522-528. 2015a.

- OLIVEIRA, M. S.; PINHEIRO, I. O.; SILVA, F. S. B. Vermicompost and arbuscular mycorrhizal fungi: an alternative to increase foliar orientin and vitexin-2-o-ramnoside synthesis in *Passiflora alata* Curtis seedlings. **Ind Crop Prod**, v. 77, p. 754-757. 2015b
- OLIVEIRA, P. T. F. *et al.* Foliar bioactive compounds in *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith seedlings: increased in biosynthesis using mycorrhizal technology. **J Med Plants Res**, v. 9, p.712-718. 2015.
- OLIVEIRA, P. T. F. *et al.* Use of mycorrhizal fungi releases the application of organic fertilizers to increase the production of leaf vitexin in yellow passion fruit. **J Sci Food Agric**, v. 100, p. 1816-1821, 2020.
- OLIVEIRA, P. T. F. *et al.* Production of biomolecules of interest to the anxiolytic herbal medicine industry in yellow passionfruit leaves (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) promoted by mycorrhizal inoculation. **J Sci Food Agric**, v. 99, p. 3716-3720. 2019.
- PAWLOWSKA, T. E.; TAYLOR, J. W. Organization of genetic variation in individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature**, v. 427, p. 733-737. 2004.
- PEDONE BONFIM, M. V. L. *et al.* Mycorrhizal technology and phosphorus in the production of primary and secondary metabolites in cebil (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) seedlings. **J Sci Food Agric**, v. 93, p. 1479-1484. 2013.
- PEDONE BONFIM, M. V. L.; SILVA, F. S. B.; MAIA, L. C. Production of secondary metabolites by mycorrhizal plants with medicinal or nutritional potential. **Acta Physiol Plantarum**, v. 37, p. 37: 27-33. 2015.
- RAJESHKUMAR, S.; NISHA, M. C.; SELVARAJ, T. Variability in growth, nutrition and phytochemical constituents of *Plectranthus amboinicus* (Lour) Spreng. as influenced by indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. **J Sci Technol**, v. 2, p. 431-439. 2008.
- SANTOS, E. L. *et al.* Acaulospora longula increases the content of phenolic compounds and antioxidant activity in fruits of *Libidibia Ferrea*. **Open microbiol J**, v. 14, p. 132-139, 2020.
- SCHWEIGER, R.; MÜLLER, C. Leaf metabolome in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Curr Opin Plant Biol**, v. 26, p. 120-126. 2015.
- SELVARAJ, T.; NISHA, M. C.; RAJESHKUMAR, S. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi on some growth parameters and phytochemical constituents of *Pogostemon patchouli* Pellet. **Mj Int J Sci Tech**, v. 3, p. 222-234. 2009.
- SHARMA, E.; ANAND, G.; KAPOOR, R. Terpenoids in plant and arbuscular mycorrhiza-reinforced defence against herbivorous insects. **Ann Bot**, v. 119, p. 791-801. 2017.
- SIDDIQUI, Z. A.; PITCHEL, J. Mycorrhizae: An Overview. In: SIDDIQUI, Z. A.; AKHTAR, M. S.; FUTAI, K. (org.). **Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry**. New York: Springer Science + Business Media B.V, 2008. p. 1-36.

SILVA, L. G.; MARTINS, L. M. V.; SILVA, F. S. B. Arbuscular mycorrhizal symbiosis in the maximization of the concentration of foliar biomolecules in pomegranate (*Punica granatum* L.) seedlings. **J Med PI Res**, v. 8, p. 953-957. 2014a

SILVA, F. A. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi increase gallic acid production in leaves of field grown *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz. **J Med Plant Res**, v. 8, p. 1110-1115. 2014b

SILVA, F. A.; SILVA, F. S. B.; MAIA, L. C. Biotechnical application of arbuscular mycorrhizal fungi used in the production of foliar biomolecules in ironwood seedlings [*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *ferrea*]. **J Med Plant Res**, v. 8, p. 814-819. 2014c

SILVA, F. S. B.; MELO, A. M. Y.; MAIA, L. C. Production and infectivity of inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi multiplied in a substrate supplemented with tris-hcl buffer. **Braz J Microbiol**, v. 38, p. 752-755. 2007

Silva, F. S. B. **Fase assimiabiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos em adubos orgânicos**. 2006. 296 p. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SILVA, M. F. *et al.* The effect of arbuscular mycorrhizal fungal isolates in the development and oleoresin production of micropropagated *Zingiber officinale*. **Braz J Plant Physiol**, v. 20, p. 119-130. 2008

SILVA, F. S. B.; MAIA, L. C. Mycorrhization and phosphorus may be an alternative for increasing the production of metabolites in *Myracrodruon urundeuva*. **Theor Exper Plant Physiol**, v. 30, p. 297-302. 2018.

SILVA, F. A. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi as biotechnology alternative to increase concentrate of secondary metabolites in *Zea mays* L. **Braz J Bot**, v. 42, p. 189-193, 2019.

SILVA, F. A. *et al.* Bark of the stem of associated with mycorrhizal fungi: An alternative to produce high levels of phenolic acids. **Open Microbiol J**, v. 12, p. 412-418, 2018.

SILVA, F. A.; SILVA, F. S. B. Is the application of arbuscular mycorrhizal fungi an alternative to increase foliar phenolic compounds in seedlings of *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir., Mimosoideae? **Braz J Bot**, v. 49, P. 361-365. 2017

SILVA, F.S.B.; SILVA, F.A. A low cost alternative, using mycorrhiza and organic fertilizer, to optimize the production of foliar bioactive compounds in pomegranates. **J Appl Microbiol**, v. 128, p. 513-517, 2019.

SINGH, N. V. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induced hardening of micropropagated pomegranate (*Punica granatum* L.) plantlets. **Sci Hortic**, v. 136, p. 122-127. 2012

SINGH, R. *et al.* Effect of potential bioinoculants and organic manures on root-rot wilt, growth, yield and quality of organically grown *Coleus forskohlii* in a semiarid tropical region of Bangalore (India). **Plant Pathol**, v. 61, p. 700-708. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Artmed, 2013. 954 p.

TKACZ, A.; POOLE, P. Role of root microbiota in plant productivity. **J Exp Bot**, v. 66, p. 2167-2175. 2015.

- TOUSSAINT, J. P.; SIMTH, F. A.; SMITH, S. E. Arbuscular mycorrhizal fungi induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. **Mycorrhiza**, v. 17, p. 291-297. 2007
- TOUSSAINT, J. P. Investigating physiological changes in the aerial parts of AM plants: what do we know and where should we be heading? **Mycorrhiza**, v. 17, p. 349-353. 2007.
- VIERHEILIG, H. *et al.* Accumulation of cyclohexenone derivatives in barley, wheat and maize roots in response to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, v. 9, p. 291-293. 2000.
- WEI, G. T.; WANG, H. G. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrient uptake and synthesis of volatile oil in *Schizonepeta tenuifolia* Briq. **Chi J Chinese Med**, v. 16, p. 139-142. 1991
- WEI, G. T.; WANG, H. G. Effects of VA mycorrhizal fungi on growth, nutrient uptake and effective compounds in Chinese medicinal herb *Datura stramonium* L. **Sci Agric Singapore**, v. 22, p. 56-61. 1989.
- WIJAYAWARDENE, N. N. *et al.* Outline of Fungi and fungus-like taxa. **Mycosphere**, v. 11, p. 1060-1456. 2020.
- ZENG, Y. *et al.* Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants: current research status and prospectives. **Mycorrhiza**, v. 23, p. 253-265. 2013.
- ZHANG R. Q. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation increases phenolic synthesis in clover roots via hydrogen peroxide, salicylic acid and nitric oxide signaling pathways. **J Plant Physiol**, v. 170, p. 74-79. 2013
- ZIMARE, S. B. *et al.* Effect of AM fungi (Gf, Gm) on biomass and gymnemic content of *Gymnema sylvestre* (Retz.) R. br. ex Sm. **Proc Natl Acad Sci, India Sect B: Biol Sci**, v. 83, p. 439-445. 2013.
- ZUBEK, S.; MIELCAREK, S.; TURNAU, K. Hypericin and pseudohypericin concentrations of a valuable medicinal plant *Hypericum perforatum* L. are enhanced by arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, v. 22, p. 149-156. 2012.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alelopatia 1, 2, 8

Aleloquímico 10, 1, 4, 5

Alismatales 77

Alpiste 1, 3, 4, 5, 6

Anatomia vegetal 55

Antóceros 60, 62, 74

Aquático 45, 77

Araceae 10, 11, 45, 46, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 75, 77, 78, 79

Arquitetura Foliar 56, 78

### B

Berry Seeds 11, 13, 16, 17, 19

Biossíntese 10, 22, 24, 25, 36

Bríófitas 10, 59, 60, 61, 62, 64, 69, 71, 72, 73, 74

### C

Compostos Bioativos 9, 22, 24, 25, 26, 27, 47

Compostos fenólicos 10, 3, 7, 22, 32, 33, 34, 36, 37, 42, 43, 48

Crescimento Vegetal 3, 24

### D

Distribuição Geográfica 59, 61, 62, 63, 64, 69, 74

Dormancy 11, 13, 16, 19

### E

Ericaceae family 11

Estômatos 7, 45, 49, 51, 54, 85

### F

Farmacognosia 32, 41, 42, 44, 55

Feixes Vasculares 45, 47, 49, 50

Fitomedicamentos 22, 24, 25

Fitorremediação 45, 54

Flora 47, 57, 60, 62, 71, 72, 73, 74, 77

## **G**

Germinação de sementes 4, 5, 7, 12

Germination 10, 2, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 28

Gibberellic Acid 11, 13, 15, 18, 19

Glomeromycota 22

## **H**

Hepáticas 38, 62, 69, 72, 74

## **I**

Identificação Científica 78

## **L**

Leguminosae 32, 33, 34, 40

Luz 1, 4, 5

## **M**

Macrófitas 45, 47, 51, 54, 55, 56, 58, 75, 77, 78, 87

Mamão 1, 3, 4, 7, 9

Metabólitos Secundários 22, 24, 25, 26, 33, 34, 35, 43

Micorrizas 22, 25

Musgos 60, 62, 71, 72, 73, 74

## **P**

Piauí 10, 45, 47, 48, 54, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 86, 88

Pistia 10, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 78, 81, 82, 85

Plantas Medicinais 27, 32, 57

## **S**

Simbiose 22, 23

Soja 1, 3, 4, 5, 6, 7

Solventes orgânicos 32

Substrato 59, 63, 64, 70

## **T**

Taninos 10, 3, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 53, 57

Tricomas 45, 49, 51, 54, 81, 85

## V

*Vaccinium meridionale* 10, 11, 12, 13, 14, 20, 21



# Tópicos Integrados em Botânica



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



# Tópicos Integrados em Botânica



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 