

Fábio Sérgio Barbosa da Silva  
(Organizador)



Potencial da Tecnologia Micorrízica

em **Maracujazeiros**



Fábio Sérgio Barbosa da Silva  
(Organizador)



Potencial da Tecnologia Micorrízica

em **Maracujazeiros**



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

Brena Coutinho Muniz

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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 Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

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

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas



Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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 Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



## Potencial da tecnologia micorrízica em maracujazeiros

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Fábio Sérgio Barbosa da Silva

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

P861 Potencial da tecnologia micorrízica em maracujazeiros /  
Organizador Fábio Sérgio Barbosa da Silva. – Ponta  
Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0016-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.165223103>

1. Maracujá. 2. Maracujazeiros. I. Silva, Fábio Sérgio  
Barbosa da (Organizador). II. Título.

CDD 634.425

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão de bolsa de iniciação científica à Eduarda Lins Falcão e pelo financiamento da pesquisa com maracujazeiros; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado à Brena Coutinho Muniz (Código de Financiamento 001); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica à Ariane Silva Pereira e da Bolsa de Produtividade em Pesquisa a Fábio Sérgio Barbosa da Silva; ao Programa de Apoio ao *Stricto sensu* (APQ) da Universidade de Pernambuco (UPE) pelo financiamento da pesquisa e à Dra. Ana Maria Costa pelas excelentes contribuições no texto e pelo prefácio desta obra.

Os autores



## PREFÁCIO

Hoje, mais do que nunca, constata-se os impactos negativos ao planeta da expansão da população humana, cujo estilo de vida causam profundas modificações ao meio ambiente e que, por sua vez, comprometem a vida de outras espécies, dos recursos naturais, e põe em risco a sobrevivência da própria humanidade. Portanto, é urgente que se intensifique o conhecimento da biodiversidade, e que se desenvolvam técnicas que permitam a produção agrícola e industrial pautada na sustentabilidade ambiental e social, e não somente na sustentabilidade econômica.

Frente ao risco de comprometermos a vida sobre a terra, as Nações Unidas estabeleceram os chamados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em que o Brasil é um dos signatários. Neste documento, os países se comprometem a conhecer a sua biodiversidade, desenvolver tecnologias sustentáveis para a produção e reduzir os desperdícios na cadeia de suprimentos, entre outras metas.

Neste contexto, fomentam-se as pesquisas para conhecimento de espécies da biodiversidade com potencial para uso alimentar e medicinal, bem como ao desenvolvimento de tecnologias voltadas para otimizar os sistemas de produção e os recursos naturais. Dentre elas, destacam-se as tecnologias que tem viabilizado a colocação no mercado de espécies nativas de Passifloras, plantas que no Brasil são conhecidas pelo nome genérico “maracujá”. Também destacam-se as que visam intensificar a produtividade e o enriquecimento em nutrientes e bioativos nas plantas, onde a novidade está no desenvolvimento de técnicas naturais que favoreçam a absorção de nutrientes ou a modificação do metabolismo secundário da planta, a exemplo do emprego de microrganismos associados às raízes, como os fungos micorrízicos arbusculares.

O livro “Potencial da Tecnologia Micorrízica em Maracujazeiros” aborda um tema novo e de grande importância para o setor produtivo: o uso de micorrizas para aumentar a concentração de bioativos em plantas. Apresenta também, de forma simples e agradável, uma visão geral dos bioativos de interesse fitoterápico presentes nas passifloras, mostra o avanço no conhecimento e o potencial de uso das micorrizas na redução dos custos na produção de mudas e o rendimento industrial da matéria prima.

Trata-se de um livro inspirador de ideias que podem resultar em novas oportunidades de negócio para a cadeia de suprimento de ingredientes fitoterápicos. Espero que se divirtam!

Ana Maria Costa

Coordenadora da Rede Passitec – Desenvolvimento tecnológico para uso  
funcional e medicinal de passifloras brasileiras.  
Pesquisadora Biotecnologia – Embrapa Cerrados

## APRESENTAÇÃO

A cultura do maracujá tem relevância no agronegócio brasileiro e nas exportações, pois os frutos são amplamente comercializados, sendo destinados às indústrias alimentícias e cosméticas; as folhas, por sua vez, são utilizadas para produção de medicamentos fitoterápicos ansiolíticos, graças à síntese de bioativos. Dada a importância da cultura, a aplicação de fungos micorrízicos arbusculares, conhecida como tecnologia micorrízica, vem sendo estudada para aumentar o crescimento, a tolerância a estresses bióticos e abióticos, a redução no tempo de transplante ao campo e, mais recentemente, a produção de moléculas bioativas em maracujazeiros. Esse livro compila tais estudos com quatro espécies de maracujazeiro, *Passiflora alata* Curtis, *Passiflora edulis* Sims, *Passiflora setacea* DC. e *Passiflora cincinnata* Mast., que foram estudadas sob o prisma micorrízico; dados gerais sobre a importância medicinal dessas espécies também são apresentados.

Desejo uma leitura profícua e edificante.

Fábio Sérgio Barbosa da Silva


## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

EFICIÊNCIA DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM MARACUJAZEIROS

Brena Coutinho Muniz

Fábio Sérgio Barbosa da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1652231031>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

POTENCIAL DA TENCOLOGIA MICORRÍZICA PARA PRODUÇÃO DE COMPOSTOS FOLIARES DE INTERESSE MEDICINAL EM MARACUJAZEIRO-AZEDO

Brena Coutinho Muniz

Fábio Sérgio Barbosa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1652231032>

### **CAPÍTULO 3..... 21**


A MICORRIZAÇÃO É UMA ALTERNATIVA PARA PRODUTORES DE MARACUJAZEIRO-DOCE?

Ariane Silva Pereira

Brena Coutinho Muniz

Eduarda Lins Falcão

Fábio Sérgio Barbosa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1652231033>


### **CAPÍTULO 4..... 31**

*PASSIFLORA SETACEA* DC: PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE INTERESSE MEDICINAL E EFICIÊNCIA MICORRÍZICA

Eduarda Lins Falcão

Brena Coutinho Muniz

Fábio Sérgio Barbosa da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1652231034>

### **CAPÍTULO 5..... 40**

*PASSIFLORA CININNATA* MAST.: MATÉRIA-PRIMA PARA AS INDÚSTRIAS FARMACÊUTICA E ALIMENTÍCIA E POTENCIAL DA TECNOLOGIA MICORRÍZICA

Eduarda Lins Falcão

Fábio Sérgio Barbosa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1652231035>

### **SOBRE O ORGANIZADOR..... 51**

# CAPÍTULO 1

## EFICIÊNCIA DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM MARACUJAZEIROS

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 03/01/22

### Brena Coutinho Muniz

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8929526919264019>

### Fábio Sérgio Barbosa da Silva

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1170471698880208>

**RESUMO:** A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) é uma estratégia para aumentar a produção de espécies de *Passiflora*, pois promove incremento no crescimento vegetal e na biossíntese de compostos bioativos de interesse medicinal. No entanto, os benefícios dependem da espécie vegetal, do FMA testado e de variáveis bióticas e abióticas avaliadas. Nesse sentido, essa alternativa agrícola está sendo estudada há mais 20 anos em Passifloraceae e esse capítulo tem como objetivo revisar as publicações que reportam os benefícios da micorrização em maracujazeiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologia micorrízica;

*Passiflora*; micorrização.

### EFFICIENCY OF INOCULATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN PASSION FRUIT

**ABSTRACT:** The inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is a strategy to increase the production of *Passiflora* species, because promotes increase in plant growth and biosynthesis of bioactive compounds of medicinal interest. However, the benefits depend on the specie, AMF tested and biotic and abiotic variables. Thus, in this sense, this agricultural alternative has been studied for over 20 years in Passifloraceae and this chapter aims to review publications that report the benefits of mycorrhization in passion fruit.

**KEYWORDS:** Mycorrhizal technology; *Passiflora*; mycorrhization.

## 1 | INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* L. é um dos mais relevantes na família Passifloraceae Juss. ex Roussel, por possuir maior número de representantes, mais de 500 espécies (Bernacci *et al.* 2003). Apesar de serem documentadas mais de 150 espécies no Brasil (Bernacci *et al.* 2021), poucas, como o maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) e o maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims), apresentam expansão comercial no Brasil (Faleiro *et al.* 2005). Além dessas, outras espécies silvestres estão ganhando espaço no mercado, como a

*Passiflora setacea* DC. e a *Passiflora cincinnata* Mast. (Faleiro *et al.* 2019).

Para a expansão de cultivares de *Passiflora* foi necessário o desenvolvimento de tecnologias, que aumentaram a produção e a qualidade do cultivo (Meletti *et al.* 2011), como os trabalhos desenvolvidos pela Rede PASSITEC (Desenvolvimento Tecnológico Para Uso Funcional e Medicinal das Passifloras Silvestres) - Embrapa Cerrados (Costa 2016).

As pesquisas, atualmente, têm gerado protocolos para produção comercial, ampliando o valor funcional (Costa 2016), considerando os efeitos sedativo (Klein *et al.* 2014), gastroprotetor (Wasicky *et al.* 2015) e antioxidante (Pineli *et al.* 2015; Ożarowski *et al.* 2019) atribuídos ao uso de folhas e de frutos de maracujazeiros. Tais atividades biológicas estão relacionadas à presença de compostos bioativos na fitomassa, como os flavonoides, com destaque para a vitexina (Smruthi *et al.* 2021). Por isso, diversos medicamentos fitoterápicos ansiolíticos são formulados a partir de maracujás. No entanto, essas biomoléculas são sintetizadas em pequenas concentrações nas plantas (Oliveira *et al.* 2020).

Nesse sentido, a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) foi estudada como alternativa para otimizar a produção vegetal e a concentração foliar de alguns metabólitos de interesse medicinal em espécies de *Passiflora*. Com esse intuito, alguns trabalhos foram desenvolvidos desde o ano 2000 (Figura 1).



Figura 1. Linha do tempo dos estudos de eficiência da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em maracujazeiros.

Os FMA são microrganismos do solo que formam associação simbiótica mutualística com 80 % de representantes botânicos estudados, conhecida como micorriza arbuscular (Brundrett e Tederso 2018). Atualmente, esse grupo de fungos está classificado em Glomeromycota, com base na concordância entre dados morfológicos e moleculares, compreendendo mais de 15 famílias (Wijayawardene *et al.* 2020).

Esta relação mutualística consiste, de maneira geral, em a planta fornecer carboidratos essenciais para os fungos, enquanto esses absorvem nutrientes minerais da solução do solo e os transferem para o vegetal (Kaur e Suseela 2020), aumentando a

absorção de nutrientes (Machiani *et al.* 2021). Os fungos colonizam o córtex radicular, formando uma rede micelial nas regiões inter e intracelulares; no micélio intracelular, as hifas são diferenciadas em arbúsculos, locais de troca entre o FMA e a planta (Oliveira *et al.* 2019b). Além disso, pode ocorrer a formação de vesículas para o armazenamento de energia (Choi *et al.* 2018). Esses fungos completam o ciclo de vida com a formação dos glomerosporos, que são um dos propágulos eficazes para iniciar uma nova colonização, considerando que fragmentos de hifas e raízes colonizadas também podem servir como inóculo (Berruti *et al.* 2016).

De modo geral, vegetais micorrizados apresentam vantagens na absorção de nutrientes, como o fósforo (Machiani *et al.* 2021). Além disso, existe uma relação estreita com a regulação de genes vegetais, como RAM 1 (*Reduced Arbuscular Mycorrhiza 1*) e as proteínas repressoras *DELLA*, que regulam transportadores de fósforo na membrana de células de raízes micorrizadas (Ferrol *et al.* 2019); dessa forma os mecanismos nutricionais estão associados aos moleculares.

Considerando que os representantes de Glomeromycota possuem ampla distribuição (Stürmer *et al.* 2018), tais fungos podem influenciar agrossistemas (Pagano *et al.* 2017). Por isso, esses microrganismos podem promover benefícios, como o aumento da produção e da produtividade vegetal (Gao *et al.* 2020). Um FMA eficiente associado a uma espécie vegetal pode modular o metabolismo (Kaur e Suseela 2020) e aumentar a concentração de compostos de interesse medicinal nas plantas (Santos *et al.* 2021).

Para efetiva utilização, a produção de inoculantes infectivos e efetivos de FMA é uma etapa primordial (Selvakumar *et al.* 2018). Nesse sentido, são utilizados métodos que otimizam a esporulação do fungo, estabelecendo-se as condições de substrato-fungo-planta-ambiente adequados (INVAM 2019). O método mais comum é o de potes de cultivo em diversos substratos; no entanto, também são utilizados os métodos de cultivo aeropônico, hidropônico e *in vitro* (Berruti *et al.* 2016)

A inoculação das plantas poder ser realizada a partir de esporos isolados (Selvakumar *et al.* 2018), raízes colonizadas ou ainda a combinação de esporos, hifas e raízes colonizadas (Berruti *et al.* 2016); em experimentos com maracujazeiros, de modo geral, tem sido utilizado glomerosporos ou solo-inóculo contendo propágulos infectivos, que são dispostos na região radicular de plântulas com folhas definitivas (Cavalcante *et al.* 2001a;b;2002a;b; Silva *et al.* 2004; Anjos *et al.* 2005;2010; Gil *et al.* 2015, Silva 2015; Oliveira *et al.* 2015a;b; 2019, 2020; Muniz *et al.* 2021).

Em suma, é necessário estabelecer os métodos eficazes de produção de FMA, garantindo quantidades adequadas de inoculantes, que serão utilizados para se alcançar a eficiência micorrízica na produção de maracujazeiros. Mais informações sobre a biologia da simbiose micorrízica arbuscular podem ser encontradas em Choi *et al.* (2018), Brundrett e Tedersoo (2018), Smith e Read (2008) e Peterson *et al.* (2004).

## 2 | SIMBIOSE MICORRÍZICA ARBUSCULAR EM *PASSIFLORA* L.

O aumento da valorização do maracujá no final do século XX impulsionou a busca por técnicas para potencializar a produtividade da cultura (Meletti *et al.* 2011). Havia um gargalo na disponibilidade de mudas selecionadas, portanto, Soares e Martins (2000) propuseram estudar a micorrização de *Passiflora*, especificamente a *P. edulis* f. *flavicarpa*, por possuir maior representatividade comercial. Nesse estudo, foi testada a inoculação de FMA nativos e de isolados de *Claroideoglossum* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler e de *Rhizophagus* (Thaxt.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl, que promoveram o aumento no acúmulo de matéria seca de plantas inoculadas, principalmente quando estavam cultivadas em solo esterilizado. Posteriormente, em *P. alata*, também foi observado aumento no crescimento, sobretudo em plantas inoculadas com *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Sm. (Silva *et al.* 2004).

Considerando que o fósforo é o principal regulador da simbiose micorrízica, foi avaliado o grau de dependência micorrízica de maracujazeiros. Em maracujazeiro-amarelo, foram testadas as concentrações de 4, 11 e 30 mg de P dm<sup>-3</sup> de solo e essa espécie foi categorizada como dependente facultativa (Cavalcante *et al.* 2001a). Diferente do maracujazeiro-doce, que mesmo em concentrações de P no solo acima de 15 mg P dm<sup>-3</sup>, a micorrização se mostrou eficiente, sendo definida como uma espécie com dependência micorrízica obrigatória (Anjos *et al.* 2005).

Além disso, foram desenvolvidos estudos para definir concentração ideal de glomerosporos por planta para se atingir o máximo benefício vegetal, estabelecendo-se 300 glomerosporos/muda para *P. edulis* (Cavalcante *et al.* 2002a) e 200 para *P. alata* (Silva *et al.* 2009) como doses ideais de inoculante micorrízico.

Além do crescimento, o uso de FMA em *Passiflora* reduziu a necessidade da adubação fosfatada (Cavalcante *et al.* 2001a), aumentou a tolerância ao estresse hídrico (Cavalcante *et al.* 2001b), diminuiu o tempo de transplantio ao campo (Cavalcante *et al.* 2002b), dispensou a necessidade de uso de adubos inorgânicos (Cavalcante *et al.* 2001b; Cavalcante *et al.* 2002a; Silva *et al.* 2015), inibiu a reprodução de fitonematóides (Anjos *et al.* 2010), otimizou a absorção de macronutrientes (Soares e Martins 2000; Riter Netto *et al.* 2014) e de micronutrientes (Silva *et al.* 2015) e maximizou a produção vegetal (Cavalcante *et al.* 2002a).

Nesse contexto, diversos fungos foram testados para otimizar o crescimento de maracujazeiros e verificou-se que, aparentemente, o FMA mais reportado como eficiente para aumentar o crescimento de *Passiflora* foi *G. albida*. No entanto, não era conhecido se esses fungos contribuíam com alterações na produção de metabólitos em *Passiflora* spp.

Nesse sentido, pesquisadores verificaram o aumento na produção de fenóis totais em maracujazeiro-doce: a micorrização com *Claroideoglossum* e um mix de FMA dispensou o uso de adubação fosfatada mineral (Riter Netto *et al.* 2014). Em seguida, o conteúdo de

flavonoides totais e de vitexina em folhas de *P. alata* foi incrementado com a utilização de *G. albida*, quando as plantas foram mantidas em substrato acrescido com vermicomposto (Oliveira *et al.* 2015 a,b). Vale salientar que nesse estudo só foi verificada a inoculação com uma espécie de FMA.

Posteriormente, foi testado o FMA mais eficiente em incrementar a produção de metabólitos foliares em *P. edulis*. Para isso, esse maracujazeiro foi inoculado com *Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck, *Claroideoglossum etunicatum* (W. N. Becker & Gerdemann) C. Walker & A. Schussler) e *G. albida*: Oliveira *et al.* (2019) documentaram aumento na concentração de fenóis totais, de flavonoides totais, de saponinas totais, e de vitexina total, sobretudo quando as plantas estavam associadas com *A. longula*. Posteriormente, o uso combinado de FMA e de substratos orgânicos foi testado, para incrementar a produção da vitexina; nesse estudo, foi verificado que a inoculação micorrízica foi eficiente em substrato sem adubo, barateando os custos de cultivo (Oliveira *et al.* 2020).

Recentemente, foi avaliado outro isolado de FMA, visando aumentar a concentração de metabólitos foliares em *P. alata*. Para isso, foram inoculados os fungos *A. longula* e *G. albida*, que proporcionaram incremento na produção de compostos fenólicos (Muniz *et al.* 2021). Uma sumarização de benefícios da inoculação micorrízica em maracujazeiros está plotada nas tabelas 1 e 2.

<b>Espécie de FMA</b>	<b>Espécie de maracujazeiro</b>	<b>Benefícios da micorrização</b>	<b>Referência</b>
<i>Rhizoglossum clarum</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl <i>Rhizoglossum fasciculatum</i> (Thaxt.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl	<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg.	Aumento no crescimento e na absorção de P e K	Soares e Martins (2000)
<i>Gigaspora albida</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.; <i>Gigaspora margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall.; <i>Denticutata heterogama</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl; Mix	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Aumento no crescimento vegetal	Cavalcante <i>et al.</i> (2001a)
<i>G. albida</i> ; <i>G. margarita</i> ; <i>Claroideoglossum etunicatum</i> (W. N. Becker & Gerdemann) C. Walker & A. Schussler)	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Maior tolerância ao estresse hídrico	Cavalcante <i>et al.</i> (2001b)
<i>G. albida</i> ; <i>G. margarita</i> ; <i>D. heterogama</i> ; <i>R. clarum</i> ; mix	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Maior expressão da enzima peroxidase	Santos <i>et al.</i> (2001)
<i>G. albida</i> ; <i>G. margarita</i> ; <i>C. etunicatum</i> ; <i>D. heterogama</i>	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Menor tempo para o transplante das mudas ao campo	Cavalcante <i>et al.</i> (2002a)



<i>G. albida</i> ; <i>D. heterogama</i> ; Mix: <i>G. margarita</i> e <i>D. heterogama</i>	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Maior crescimento vegetal	Cavalcante <i>et al.</i> (2002 b)
<i>D. heterogama</i> ; <i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C. Tul.; <i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe; <i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck; <i>Kuklospora colombiana</i> (Spain & N.C. Schenck) Oehl & Sieverd. <i>R. clarum</i> ; <i>G. margarita</i> ; <i>C. etunicatum</i> ; <i>Glomus</i> sp.; <i>Acaulospora</i> sp.	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Aumento no crescimento vegetal	Silveira <i>et al.</i> (2003)
<i>Acaulospora longula</i> Spain & N.C. Schenck <i>G. albida</i> ; <i>C. etunicatum</i> ; <i>D. heterogama</i>	<i>Passiflora alata</i> Curtis	Maior crescimento vegetal	Silva <i>et al.</i> (2004)
<i>R. clarum</i> ; FMA nativos	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Maior produção de compostos fenólicos nas raízes	Soares <i>et al.</i> (2005)
<i>G. albida</i> ; <i>D. heterogama</i> ; FMA nativo	<i>P. alata</i>	Redução no tempo de transplântio de mudas	Anjos <i>et al.</i> (2005)
<i>G. albida</i> ; <i>D. heterogama</i>	<i>P. alata</i>	Redução da aplicação de adubo fosfatado	Silva <i>et al.</i> (2009)
<i>D. heterogama</i>	<i>P. alata</i>	Aumento na matéria seca e redução da susceptibilidade a nematóides parasitas	Anjos <i>et al.</i> (2010)
<i>G. margarita</i> ; <i>R. clarum</i>	<i>P. alata</i>	Aumento na altura, na matéria seca, na área foliar e no diâmetro do caule	Vitorazi-Filho <i>et al.</i> (2012)
<i>C. etunicatum</i> ; <i>Rhizoglosum intraradices</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl Mix: <i>R. clarum</i> e <i>G. margarita</i>	<i>P. alata</i>	Aumento na produção de compostos fenólicos, no crescimento e maior aporte nutricional	Riter Netto <i>et al.</i> (2014)
<i>G. albida</i>	<i>P. alata</i>	Maior crescimento vegetal, produção de metabólitos primários e compostos fenólicos	Oliveira <i>et al.</i> (2015a)

<i>G. albida</i>	<i>P. alata</i>	Aumento na produção de vitexina e de orientina	Oliveira <i>et al.</i> (2015b)
<i>C. etunicatum</i>	<i>Passiflora edulis</i> f. <i>edulis</i> Sims.	Aumento no crescimento e na absorção de nutrientes do solo	Gil <i>et al.</i> (2015)
<i>R. fasciculatum</i>	<i>Passiflora setacea</i> DC.	Aumento no crescimento das mudas	Silva <i>et al.</i> (2015)
<i>A. longula</i> ; <i>G. albida</i> ; <i>C. etunicatum</i>	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Aumento na produção de metabólitos secundários	Oliveira <i>et al.</i> (2019a)
<i>A. longula</i>	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Aumento na produção de metabólitos secundários em plantas cultivadas em solo com pó de coco	Oliveira <i>et al.</i> (2020)
<i>A. longula</i> <i>G. albida</i>	<i>P. alata</i>	Aumento na produção de compostos secundários e no crescimento vegetal	Muniz <i>et al.</i> (2021)

Tabela 1. Estudos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em *Passiflora*

Espécie de FMA	Espécie de maracujá	Compostos com a produção otimizada	Referência
<i>Claroideoglossum etunicatum</i> (W. N. Becker & Gerdemann) C. Walker & A. Schussler; <i>Rhizoglossum irregular</i> (Błaszk., Wubet, Renker & Buscot) Sieverd., G.A. Silva & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schübler e <i>Gigaspora margarita</i> W.N. Becker & I.R. Hall.	<i>Passiflora alata</i> Curtis	Fenólicos totais	Riter Netto <i>et al.</i> (2014)
<i>Gigaspora albida</i> N.C. Schenck & G.S. Sm.	<i>P. alata</i>	Fenólicos totais Flavonoides totais Taninos totais	Oliveira <i>et al.</i> (2015a)
<i>G. albida</i>	<i>P. alata</i>	Vitexina Orientina	Oliveira <i>et al.</i> (2015b)
<i>Acaulospora longula</i> Spain & N.C. Schenck; <i>G. albida</i> ; <i>C. etunicatum</i>	<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg.	Fenóis totais Flavonoides totais Taninos totais Saponinas totais Vitexina	Oliveira <i>et al.</i> (2019a)

<i>A. longula</i>	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	Fenóis totais Taninos totais Vitexina	Oliveira <i>et al.</i> (2020)
<i>A. longula</i> <i>G. albida</i>	<i>P. alata</i>	Fenóis totais Saponinas totais	Muniz <i>et al.</i> (2021)

Tabela 2. Estudos da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na produção de metabólitos secundários em *Passiflora*

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos da inoculação de FMA em *Passiflora*, documentados há mais de duas décadas, evidenciaram o potencial biotecnológico desses microrganismos para o cultivo dos maracujazeiros comerciais, pois otimizam o crescimento de mudas e aumentam a concentração de metabólitos.

No entanto, ainda não foram reportados os efeitos medicinais de extratos de maracujazeiros micorrizados, especialmente a partir de experimentos desenvolvidos em campo. Além disso, é importante entender os mecanismos atribuídos à simbiose para incrementar a produção de compostos do metabolismo secundário em *Passiflora*.

### REFERÊNCIAS

ANJOS, E.C.T. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesq Agropecu Bras**, v. 40, p. 345–351, 2005.

ANJOS, E.C.T. *et al.* Interactions between an arbuscular mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). **Braz Arch Biol Technol**, v. 53, p. 801-809, 2010.

BERNACCI, L.C., VITTA, F.A. & BAKKER, Y.V. Passifloraceae. In: Flora fanerogâmica do estado de São Paulo. **São Paulo: FAPESP**. p. 247-274, 2003.

BERNACCI, L.C. *et al.* Passifloraceae in lista de espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2021. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12508>>.

BERRUTI, A. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi is a natural biofertilizers: Let's benefit from past successes. **Front Microbiol**, v. 6, p. 1559, 2016.

BRUNDRETT, M.C., TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytol**, v. 220, p. 1-8, 2018.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Mycorrhizal dependency of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Fruits**, v. 56, p. 317-324, 2001a.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse

hídrico. **Acta Bot Bras**, v. 15, p. 379-390, 2001b.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Pesqui Agropecu Bras**, v. 37, p. 643-649, 2002a.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 26, p. 1099-1106, 2002b.

CHOI, J., SUMMERS, W. PASZKOWSKI, U. Mechanisms underlying establishment of arbuscular mycorrhizal symbioses. **Annu Rev Phytopathol**, v. 56, p. 135-160, 2018.

COSTA, A.M. Embrapa Cerrados. **Rede Passitec Desenvolvimento Tecnológico Para Uso Funcional e Medicinal das Passifloras Silvestres**. 2016. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/passitec/>>. Acesso em: 02 jun. 2021.

FALEIRO, F.G. *et al.* **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina - DF: Embrapa Cerrado. 2005. 677p.

FALEIRO, F.G. *et al.* **Banco de germoplasma de *Passiflora L.* ‘Flor da Paixão’ no Portal Alelo Recursos Genéticos**. Brasília - DF: Embrapa. 2019. 86p.

FERROL, N., AZCÓN-AGUILAR, C., PÉREZ-TIENDA, J. Review: Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: An overview on the mechanisms involved. **Plant Sci**, v. 280, p. 441–447, 2019

GAO, X. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) enhanced the growth, yield, fiber quality and phosphorus regulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum L.*). **Sci Rep**, v. 10, p. 2084-2095, 2020

GIL, J.G.R. *et al.* Germination and growth of purple passion fruit seedlings under pre-germination treatments and mycorrhizal inoculation. **Pesq Agropec Trop**, v. 45, p. 257-265, 2015.

INVAM. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. West Virginia University. <https://invam.wvu.edu/home>. 2019. Acesso em: 30 de maio de 2021.

KAUR S, SUSEELA V. Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome sukhmanpreet. **Metabolites**. v. 10, p. 335-365, 2020.

KLEIN, N. *et al.* Assessment of sedative effects of *Passiflora edulis f. flavicarpa* and *Passiflora alata* extracts in mice, measured by telemetry. **Phyre**, v. 28, p. 706-713, 2014.

MELETTI, L.M.M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Rev Bras Frut**, Volume Especial: 083-091. 2011.

MACHIANI, M.A. *et al.* *Funneliformis mosseae* inoculation under water deficit stress improves the yield and phytochemical characteristics of thyme in intercropping with soybean. **Sci Rep**, v. 11, p. 15279, 2021.

MUNIZ, B.C. *et al.* *Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck: A low-cost bioinsumption to optimize

phenolics and saponins production in *Passiflora alata* Curtis. **Ind Crops Prod**, v. 167, p. 113498, 2021.

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-rhamnoside synthesis in *Passiflora alata* Curtis seedlings. **Ind Crops Prod**, v. 77, p. 754–757, 2015b.

OLIVEIRA, M.S. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost maximize the production of foliar biomolecules in *Passiflora alata* Curtis. **J Sci Food Agric**, v. 95, p. 522-528, 2015a.

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, 2019a.

OLIVEIRA, J.S.F. *et al.* Effects of inoculation by arbuscular mycorrhizal fungi on the composition of the essential oil, plant growth, and lipoxygenase activity of *Piper aduncum* L. **AMB Expr**, v. 9, p. 29, 2019b.

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 Agr Food Sci**. v. 100, p. 1816–1821, 2020.

OŻAROWSKI, M. *et al.* Comparison of *in vitro* antioxidative activities of crude methanolic extracts of three species of *Passiflora* from greenhouse using DPPH, ABTS and FRAP methods. **Herbal Pol**, v. 65, p. 10-21, 2019.

PAGANO, M.C. *et al.* Advances in eco-efficient agriculture: The plant-soil mycobiome. **Agriculture**, v. 7, p. 14, 2017.

PETERSON, R.L., MASSICOTTE, H.B., MELVILLE, L.H. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. Ottawa Wallingford, Oxon: **NRC Research Press**, 2004. 196p.

PINELI, L.L. Antioxidants and sensory properties of the infusions of wild *Passiflora* from Brazilian savannah: potential as functional beverages. **J Sci Food and Agric**. v. 95, p. 1500-1506, 2015.

RITER NETTO, A.F. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e no crescimento de *Passiflora alata* Curtis. **Rev Bras Plantas Med**, v.16, p. 1-9. 2014.

ROSIKIEWICZ, P., BONVIN, J., SANDERS, I.R. Cost-efficient production of *in vitro* *Rhizophagus irregularis*. **Mycorrhiza**, v. 27, p. 477–486, 2017.

SANTOS, B.A. *et al.* Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and soil phosphorus level on expression of protein and activity of peroxidase on passion fruit roots. **Braz J Biol**, v. 61, p. 693-700, 2001.

SANTOS, E.L., EDUARDA, L.F., SILVA, F.S.B. Mycorrhizal technology as a bioinspiration to produce phenolic compounds of importance to the herbal medicine industry. **Res, Soc Dev**, v. 10, p. e54810212856.

SELVAKUMAR, G. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi spore propagation using single spore as starter inoculum and a plant host. **J Appl Microbiol**, v. 124, p. 1556-1565, 2018.

SILVA, M.A. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta Bot Bras**, v. 18, p. 981-985, 2004.

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, 2020.

SILVA, T.F.B. *et al.* Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Rev Caatinga**, v. 22, p. 1-6, 2009.

SILVA, E.M. *et al.* Response of *Passiflora setacea* to mycorrhization and phosphate fertilization in a semiarid region of Brazil. **J Plant Nutr**, v. 38, p. 431-442, 2015.

SILVEIRA, A.P.D. *et al.* Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, em diferentes substratos. **Bragantia**, v. 62, p. 89-99. 2003.

SMITH, S.E., READ, D.J. Mycorrhizal symbiosis. 3.ed. London: Academic Press. 2008. 82p.

SMRUTHI, R. *et al.* The active compounds of *Passiflora* spp. and their potential medicinal uses from both *in vitro* and *in vivo* evidences. **J Adv Biom Pharmaceut Sci**, v. 4, p. 45-55, 2021.

STÜRMER, S.L., BEVER, J.D., MORTON, J.B. Biogeography of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota): a phylogenetic perspective on species distribution patterns. **Mycorrhiza**, v. 28, p. 28:587-603, 2018.

SOARES, A.C.F. E MARTINS, M.A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpus*). **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 24, p. 731-740, 2000.

SOARES, A.C.F. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and the occurrence of flavonoids in roots of passion fruit seedlings. **Sci Agri**, v. 62, p. 331-336, 2005.

VITORAZI-FILHO, J.A.V. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas sob diferentes doses de fósforo. **Rev Bras Frutic**, v. 34, p. 442-450, 2012.

WASICKY, A. *et al.* Evaluation of gastroprotective activity of *Passiflora alata*. **Rev Bras Farmacogn**, v. 25, p. 407-412, 2015.

WIJAYAWARDENE, N.N. *et al.* Outline of fungi and fungi-like taxa. **Mycosphere**, v. 11, p. 1060-1456, 2020.

# CAPÍTULO 2

## POTENCIAL DA TECNOLOGIA MICORRÍZICA PARA PRODUÇÃO DE COMPOSTOS FOLIARES DE INTERESSE MEDICINAL EM MARACUJAZEIRO-AZEDO

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 03/01/22

### Brena Coutinho Muniz

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8929526919264019>

### Fábio Sérgio Barbosa da Silva

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1170471698880208>

**RESUMO:** As folhas da *Passiflora edulis* Sims (maracujazeiro-azedo) possuem atividades ansiolítica, sedativa, antidepressiva e antioxidante. Tais benefícios são atribuídos aos metabólitos secundários na fitomassa, que são sintetizados em baixas concentrações. Uma alternativa para otimizar a produção desses compostos é a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Esses microrganismos são conhecidos por promover benefícios em *P. edulis*, desde o crescimento ao aumento nos teores de biomoléculas de interesse medicinal. Nesse sentido, esse capítulo reúne estudos da aplicação de FMA, como alternativa sustentável

e de baixo custo, para aumentar a produção de metabólitos secundários, como os fenólicos e os terpênicos, em folhas maracujazeiros azedo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fungos micorrízicos arbusculares; metabólitos secundários; *Passiflora edulis*.

### POTENTIAL OF MYCORRHIZAL TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF FOLIAR COMPOUNDS OF MEDICINAL INTEREST IN SOUR PASSION FRUIT

**ABSTRACT:** The leaves of *Passiflora edulis* Sims (sour passion fruit) has anxiolytic, sedative, antidepressant, anti-inflammatory and antioxidant activities. Such benefits are attributed to secondary metabolites in the phytomass, which are synthesized in low concentrations. An alternative to optimize the production of these compounds is the inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). These microorganisms are known to promote benefits in *P. edulis*, from growth to increased levels of biomolecules of medicinal interest. This chapter brings together studies on the application of AMF, as a sustainable and low-cost alternative, to increase the production of secondary metabolites, such as phenolics and terpenes, in yellow passion fruit leaves.

**KEYWORDS:** Arbuscular mycorrhizal fungi; secondary metabolites; *Passiflora edulis*.

## 1 | INTRODUÇÃO

Espécies de *Passiflora* podem ser utilizadas na produção de fitomedicamentos

ansiolíticos, uma vez que sintetizam compostos secundários, como os flavonoides, relacionados às atividades medicinais (Wosch *et al.* 2017). Nesse sentido, os maracujazeiros, como *Passiflora edulis* Sims, são amplamente cultivados e podem ser aproveitados pelas indústrias farmacêuticas (He *et al.* 2020). Essa variedade de maracujá lidera a produtividade nacional de maracujazeiros, correspondendo a cerca de 41.000 hectares no Brasil, segundo o IBGE (2020). Desse modo, tem grande representatividade na comercialização de frutos dentre as Passifloraceae (Faleiro *et al.* 2019).

No entanto, apesar de possuírem alto valor econômico agregado e figurarem na Farmacopeia Brasileira (Anvisa 2019), o potencial fitoquímico das folhas é pouco explorado comercialmente, considerando que as grandes farmacêuticas utilizam outras espécies na composição dos fitomedicamentos. Com isso, torna-se relevante o desenvolvimento de tecnologias que visem aumentar o interesse pela utilização dessa espécie.

Nesse sentido, uma alternativa é a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), uma biotecnologia que pode aumentar o crescimento (Cavalcante *et al.* 2002 a,b), a tolerância a estresses biótico e abiótico (Anjos *et al.* 2010; Cavalcante *et al.* 2001b), a absorção de nutrientes minerais (Soares e Martins 2000; Silva *et al.* 2015) e o acúmulo dos metabólitos secundários (Kaur e Suseela 2020) com propriedades medicinais nas plantas; o potencial na produção desses compostos, com a utilização de FMA, foi documentado em alguns estudos com *P. edulis* (Oliveira *et al.* 2019; 2020). Os FMA são simbioses obrigatórios que colonizam raízes; esses formam os arbúsculos, que são os sítios de troca de nutrientes e carboidratos entre os simbioses, e um micélio extrarradicular, capaz de aumentar a área de absorção de minerais do solo (Choi *et al.* 2018).

Considerando esses efeitos benéficos, esse capítulo traz uma revisão sobre a aplicação de FMA em *P. edulis* e a proposta da utilização da biotecnologia micorrízica para reduzir custos do cultivo: uma alternativa atrativa para produtores que podem comercializar, além dos frutos, a fitomassa dessa espécie às indústrias de fitomedicamentos.

## 2 | **PASSIFLORA EDULIS SIMS**

*Passiflora edulis* é a espécie de maracujazeiro com a maior produtividade no Brasil. É estimado que seja responsável por cerca 90 % da área de cultivo de *Passiflora* no Brasil (Faleiro *et al.* 2019). Em 2019, segundo o IBGE (2020), a maior produtividade desse maracujazeiro ocorreu na região Nordeste (68,66 %), seguida por 12,74 % no Sudeste, 7,85 % no Sul, 9 % no Norte e 1,75 % no Centro-Oeste. Isso reflete a relevância dessa cultura para os produtores nordestinos.

O potencial comercial dessa espécie ocorreu com a ampliação do mercado consumidor de sucos processados, nas últimas décadas, o que incentivou a produção, devido ao aumento da procura das indústrias pelos frutos (Meletti 2011). Com isso, o cultivo foi intensificado e as tecnologias foram e ainda são desenvolvidas a fim de aumentar o



rendimento das cultivares de maracujazeiro (Morera *et al.* 2018). Por outro lado, as folhas possuem compostos de interesse medicinal (Wosch *et al.* 2017) e essas podem ser vendidas às indústrias de fitomedicamentos, complementando a renda de produtores.

Com a seleção de espécies de *Passiflora* adaptadas às condições regionais do país, verificou-se que o maracujazeiro-azedo é bem cultivado em clima mais quente e com pH do solo levemente ácido (5,0 - 6,0) (Gazel Filho e Nascimento 1998), como no nordeste brasileiro.

### 3 I PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DO MARACUJAZEIRO-AZEDO

Apesar do cultivo ser voltado para o consumo dos frutos, as folhas podem ser utilizadas em fitomedicamentos (He *et al.* 2020). No entanto, na maioria dos fitoterápicos amplamente comercializados são utilizadas as folhas de *Passiflora incarnata* L. (Fonseca *et al.* 2020), espécie exótica do Brasil (Ministério da Saúde 2015).

O maracujazeiro-azedo está elencado na Relação Nacional de Plantas de Interesse para o SUS (RENISUS) (Ministério da Saúde 2009) e na Farmacopeia Brasileira (Anvisa 2019). Por isso, definir métodos de cultivo otimizados é relevante para ampliar a indicação do uso dessa espécie.

As folhas de *P. edulis* produzem compostos fenólicos e terpênicos (Figura 1), que estão associados às atividades terapêuticas. Esses metabólitos conferem ao extrato de maracujazeiros-amarelo ações ansiolíticas (Petry *et al.* 2001; Paris *et al.* 2002; Coleta *et al.* 2006; Deng *et al.* 2010; Ayres *et al.* 2015), sedativa (Klein *et al.* 2014), anti-inflamatória (Zucolotto *et al.* 2009), antidepressiva (Wang *et al.* 2013; Ayres *et al.* 2015), cicatrizante (Soares *et al.* 2020) e antioxidante (Gunathilake *et al.* 2018).

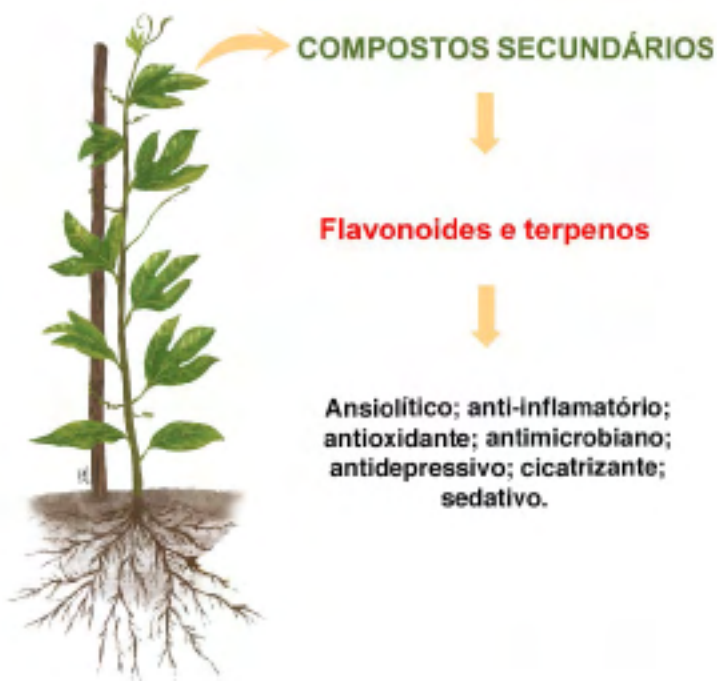


Figura 1. Propriedades medicinais dos compostos presentes de folhas de *Passiflora edulis* Sims (Petry *et al.* 2001; Paris *et al.* 2002; Coleta *et al.* 2006; Zucolotto *et al.* 2009; Deng *et al.* 2010; Wang *et al.* 2013; Klein *et al.* 2014; Ayres *et al.* 2015; Gunathilake *et al.* 2018; Soares *et al.* 2019)

Os flavonoides, na maioria dos estudos de maracujazeiros, estão associados ao efeito medicinal, com destaque para a isoorientina e a vitexina. Tais flavonoides possuem anéis aromáticos, A e B, em sua estrutura química, unidos por um anel heterocíclico oxigenado e ligados a outros radicais (Zucolotto *et al.* 2012); esses conferem variações dentro do grupo dos flavonoides, que têm relação com as atividades biológicas na planta.

Por outro lado, os compostos foliares são produzidos em baixas concentrações, sendo importante desenvolver tecnologias de baixo custo e ambientalmente seguras para aumentar o teor e o rendimento desses metabólitos. No caso do maracujazeiro-azedo, foi relatado por Oliveira *et al.* (2019; 2020) aumento na produção de vitexina, o principal flavonoide com ação ansiolítica, quando *P. edulis* foi inoculada com FMA e cultivada em substrato orgânico.

#### 4 | BIOTECNOLOGIA MICORRÍZICA PARA PRODUÇÃO DE MARACUJAZEIRO-AZEDO

O cultivo de maracujazeiro tem se mantido estável com um ligeiro declínio nos últimos anos (IBGE, 2019), em consequência, principalmente, de problemas fitossanitários associados às viroses (Spadotti *et al.*, 2019) e à fusariose (Preisigke *et al.* 2017). Os

compostos secundários expressos nas plantas é um dos principais mecanismos de defesa natural contra fitopatógenos (Taiz *et al.*, 2017). Portanto, a inoculação de FMA em *P. edulis* pode ser uma alternativa interessante para estimular as defesas naturais da planta e minimizar o uso de agrotóxicos.

Visando otimizar o crescimento *P. edulis*, Soares e Martins (2000) verificaram que a inoculação de FMA aumentou a produção da matéria seca de mudas de maracujazeiros cultivadas em solo esterilizado, reduziu a necessidade de adubação fosfatada e as mudas acumularam mais P e K na parte aérea. Os autores verificaram, também, que a adubação para o cultivo de *P. edulis* pode ser um fator limitante para a utilização de FMA, uma vez que o fósforo (P) é conhecido por atuar como regulador da simbiose micorrízica. Por isso, Cavalcante *et al.* (2001a) avaliaram a dependência micorrízica desta Passifloraceae, frente a diferentes concentrações de P, e os autores a categorizaram com dependente facultativa.

O estudo de Cavalcante *et al.* (2001a) foi o primeiro que observou a eficiência de *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Sm., comparado ao controle e ao isolado de *Dentiscutata heterogama* (T.H. Nicolson & Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl.

Posteriormente, Cavalcante *et al.* (2002a) determinaram a quantidade ideal de inoculante micorrízico para aumentar o crescimento vegetal. Os autores observaram que 300 glomerosporos/planta garantiram maior eficiência micorrízica, com destaque para *G. albida*, *Gigaspora margarita* W.N. Becker & I.R. Hall. e *Claroideoglossum etunicatum* (W. N. Becker & Gerdemann) C. Walker & A. Schussler. Os mesmos isolados foram testados em plantas sob estresse hídrico e, nesse estudo, as mudas inoculadas com *G. albida* tiveram maior tolerância (Cavalcante *et al.* 2001b). Além disso, os fungos selecionados conferiram às mudas maior crescimento e reduziram o tempo de transplante ao campo (Cavalcante *et al.* 2002b). Adicionalmente aos benéficos citados, é relevante destacar a redução na necessidade de aplicação de adubo, seja orgânico (Silveira *et al.* 2003; Oliveira *et al.* 2020) ou fosfatado (Soares e Martins 2000; Cavalcante *et al.* 2001a), para otimizar o crescimento vegetal, quando se aplicou FMA.

Dentre os estudos com *P. edulis* associada a FMA (Figura 2), diversos fungos foram testados para otimizar o crescimento de maracujazeiros, como *Rhizophagus clarus* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) C. Walker & A. Schüßler, *Rhizoglossum fasciculatum* (Thaxt.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl, *G. albida*, *G. margarita*, *Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck., *D. heterogama*, *C. etunicatum* e o *Rhizophagus intraradices* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler. Foi observado que, na maioria das situações, o FMA mais eficiente, para maximizar o crescimento de mudas de *P. edulis*, foi *G. albida*. Por outro lado, para otimizar a síntese de compostos foliares, o isolado de *A. longula* foi mais efetivo, em plantas mantidas em telado experimental por 134 dias (Oliveira *et al.* 2019).

Visando estabelecer protocolo agrobiotecnológico para otimizar o anabolismo foliar de *P. edulis*, Oliveira *et al.* (2019) selecionaram o FMA mais eficiente em incrementar a concentração de metabólitos foliares em *P. edulis*. Para isso, essas plantas, na fase de

muda, foram inoculadas com solo-inóculo de *A. longula*, *C. etunicatum* e *G. albida*. Esses fungos promoveram aumento na concentração de fenóis totais, de flavonoides totais, de saponinas totais, de taninos totais, de proantocianidinas totais e de vitexina, sobretudo quando as plantas estavam associadas com *A. longula*. Tais resultados são relevantes, pois a fitomassa comercializada às indústrias de fitomedicamentos ansiolíticos tem maior valor agregado, gerando lucro para os produtores.

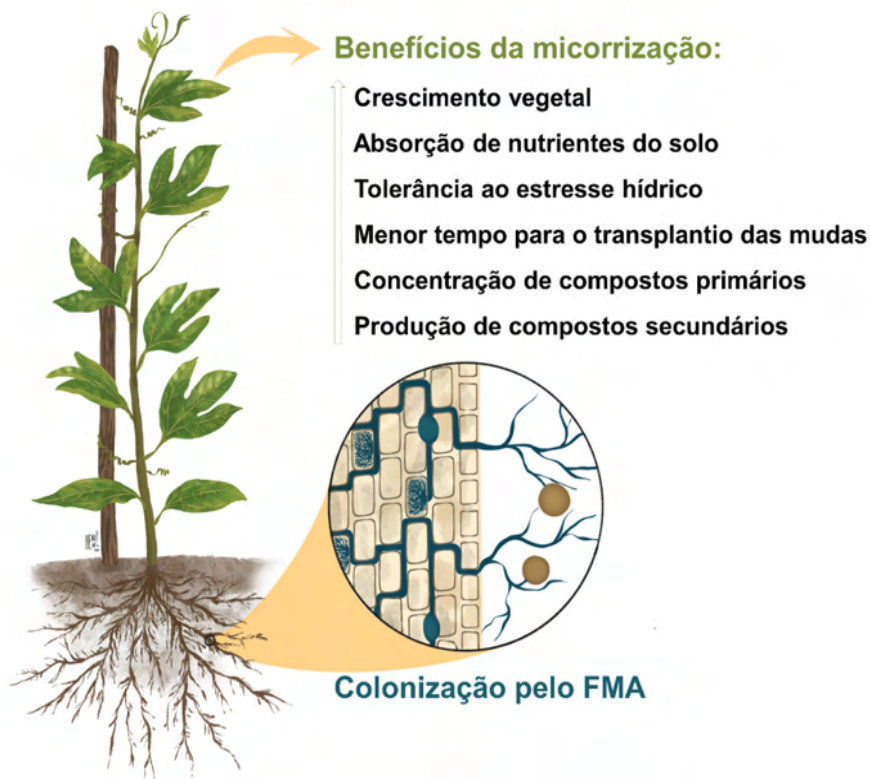


Figura 2. Benefícios da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em *Passiflora edulis* Sims (Soares e Moreira 2000; Cavalcante *et al.* 2001 a,b; 2002 a,b; Soares *et al.* 2005; Oliveira *et al.* 2019; 2020).

No ano seguinte, Oliveira *et al.* (2020) testaram a melhor combinação de *A. longula* e substrato orgânico (vermicomposto e pó de coco) para otimizar a biossíntese de metabólitos secundários em mudas de maracujazeiro-amarelo, e verificaram que para incrementar a produção de vitexina, a inoculação com FMA teve o melhor custo-benefício comparada com a utilização de substrato com pó de coco. Os custos com a adição de resíduos são de R\$ 0,49/planta (Oliveira *et al.* 2020), valor superior à produção de 200 glomerosporos de *A. longula*/planta (Silva e Silva 2020), tornando a adoção do sistema micorrízico viável. O custo de produção é inegavelmente compensado pelo faturamento

com a maior concentração de compostos na fitomassa a ser comercializada à indústria de ansiolíticos. Além disso, outros benefícios da tecnologia micorrízica podem incentivar a utilização desses fungos por produtores de maracujazeiro-amarelo (Figura 2).

## 5 | CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A inoculação de FMA em *P. edulis* é uma alternativa de baixo custo para incrementar o crescimento e a produção de compostos secundários foliares. No entanto, todos os estudos desenvolvidos até o momento foram em telado experimental; nesse sentido, é necessária a condução de experimentos em campo e com maior tempo de cultivo. Além disso, ensaios da atividade medicinal e de toxicidade dos extratos das plantas micorrizadas devem ser conduzidos; é importante que tais aspectos sejam avaliados antes da indicação do uso de um isolado de FMA em larga escala em cultivos de maracujazeiro-amarelo.

## REFERÊNCIAS

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Farmacopeia Brasileira. Brasília-DF: **Ministério da Saúde**. 2019. 736p.

ANJOS, E.C.T. *et al.* Interactions between an arbuscular mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). **Braz Arch Biol Technol**, v. 53, p. 801-809. 2010.

AYRES, A.S.F.S.I. *et al.* Comparative central effects of the aqueous leaf extract of two populations of *Passiflora edulis*. **Rev Bras Farmacogn**, v. 25, p. 499-505. 2015.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Mycorrhizal dependency of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Fruits**, v. 56, p. 317-324. 2001a.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta Bot Bras**, v. 15, p. 379-390. 2001b.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Pesqui Agropecu**, v. 37, p. 643-649. 2002a

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 26, p. 1099-1106. 2002b.

CHOI, J.; SUMMERS, W.; PASZKOWSKI, U. Mechanisms underlying establishment of arbuscular mycorrhizal symbioses. **Annu Rev Phytopathol**, v. 56, p. 7.1–7.26. 2018.

COLETA, M. *et al.* Neuropharmacological evaluation of the putative anxiolytic effects of *Passiflora edulis* Sims, its sub-fractions and flavonoid constituents. **Phytoter Res**, v. 20, p. 1067-1073. 2006.

- DENG, J. *et al.* Anxiolytic and sedative activities of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. **J. Ethnopharmacol**, v. 128, p. 148-153. 2010.
- FALEIRO, F.G. *et al.* Banco de germoplasma de *Passiflora* L. "Flor da Paixão" no Portal Alelo Recursos Genéticos. Brasília-DF: **Embrapa**. 2019. 86p.
- GAZEL FILHO, A.B.; NASCIMENTO, T.B. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) no Amapá. Macapá: **Embrapa**, 1998.
- GUNATHILAKE, K.D.P.P.; RANAWEERA, K.K.D.S.; RUPASINGHE, H.P.V. Analysis of rutin,  $\beta$ -carotene, and lutein content and evaluation of antioxidant activities of six edible leaves on free radicals and reactive oxygen species. **J Food Biochem**, v. 42, p. 12579. 2018.
- HE, X. *et al.* *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. **Front Pharmacol**, v. 11, p. 617, 2020.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal – Culturas temporárias e permanentes. **Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro**. 2020.
- KAUR, S.; SUSEELA, V. Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome. **Metabolites**, v. 10, p. 335-365. 2020.
- KLEIN, N. *et al.* Assessment of sedative effects of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* and *Passiflora alata* extracts in mice, measured by telemetry. **Phytother Res**, v. 28, p. 706-713. 2014.
- MELETTI, L.M.M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. Especial, p. 083-091. 2011.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. MS Elabora Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS. 2009. Disponível em: [http://bvmsms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms\\_relacao\\_plantas\\_medicinais\\_sus\\_0603.pdf](http://bvmsms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_medicinais_sus_0603.pdf). Acesso em: 09 abril 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Monografia da espécie *Passiflora incarnata* Linnaeus (maracujá-vermelho). Brasília-DF: **Ministério da Saúde**. 2015. 85p.
- MORERA, M.P. *et al.* Maracujá; dos recursos genéticos ao desenvolvimento tecnológico. Embrapa Cerrados. Brasília-DF: **Prolpress**. 2018. 83p.
- OLIVEIRA, M.S. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost maximize the production of foliar biomolecules in *Passiflora alata* Curtis. seedlings. **J Sci Food Agric** v. 95, p. 522-528. 2015.
- 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.
- 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 Agr Food Sci**. v. 100, p. 1816-1821, 2020

PARIS, F. *et al.* Pharmacochemical study of aqueous extracts of *Passiflora alata* dryander and *Passiflora edulis* Sims. **Acta Farm Bonaer**, v. 21, p. 1-8. 2002.

PETRY, R.D.F. *et al.* Comparative pharmacological study of hydroethanol extracts of *Passiflora alata* and *Passiflora edulis* leaves. **Phytother Res**, v. 15, p. 162-164. 2001.

PREISIGKE, S.C. *et al.* Seleção precoce de espécies de *Passiflora* resistente a fusariose. **Summa Phytopathol**, v.43, p. 321-325. 2017.

SILVA, E.M. *et al.* Response of *Passiflora setacea* to mycorrhization and phosphate fertilization in a semiarid region of Brazil. **J Plant Nutr**, v. 38, p. 431-442, 2015.

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. 2020.

SILVEIRA, A.P.D. *et al.* Desempenho de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, em diferentes substratos. **Bragantia**, v. 62, p. 89-99. 2003.

SOARES, A.C.F. E MARTINS, M.A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpus*). **Rev Bras Ci Solo**, v. 24, p. 731-740, 2000.

SOARES, R.D.F. *et al.* Development of a chitosan hyrogel containing flavonoids extracted from *Passiflora edulis* leaves and the evaluation of its antioxidant and wound healing properties for the treatment of skin lesions in diabetic mice. **J Biomed Mater Res**, v. 108, p. 654-662. 2020.

SPADOTTI, D.M.A. *et al.* Long-lasting systematic roguing for effective management of CABMV in passion flower orchards through maintenance of separated plants. **Plant Pathol**, v. 68, p. 1259-1267. 2019

TAIZ, L. *et al.* Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

WANG, C. *et al.* Cycloartane triterpenoid saponins from water soluble of *Passiflora edulis* Sims and their antidepressant-like effects. **J Ethnopharmacol**, v.148, p.812-817, 2013.

WOSCH, L. *et al.* Comparative study *Passiflora* taxa leaves: II. A chromatographic profile. **Rev Bras Farmacogn**, v.27, n.1, p. 40-49. 2017.

ZUCOLOTTO, S.M. *et al.* Bioassay-guided isolation of anti-inflammatory C-glucosylflavones from *Passiflora edulis*. **Planta Med**, v. 75, p. 1221-1226, 2009.

ZUCOLOTTO, S.M.; FAGUNDES, C.; REGINATTO, F.H. Analysis of C-glycosyl flavonoids from south American *Passiflora* species by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Phytochem Anal**, v. 23, p. 232-239. 2012.

# CAPÍTULO 3

## A MICORRIZAÇÃO É UMA ALTERNATIVA PARA PRODUTORES DE MARACUJAZEIRO-DOCE?

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 03/01/22

### Ariane Silva Pereira

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/3480294796166634>

### Brena Coutinho Muniz

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8929526919264019>

### Eduarda Lins Falcão

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8784701808588813>

### Fábio Sérgio Barbosa da Silva

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1170471698880208>

**RESUMO:** O maracujazeiro-doce é uma espécie amplamente distribuída no território brasileiro, que apresenta importância econômica devido ao consumo *in natura* dos frutos, ao uso na ornamentação e à produção de fitomedicamentos. O extrato das folhas apresenta potencial terapêutico, considerando que as biomoléculas na fitomassa possuem propriedades sedativas e antioxidantes. Mesmo assim, a representatividade nas formulações é pouco expressiva. Uma forma de incentivar a utilização desta Passifloraceae é maximizando a produção desses compostos. Nesse sentido, a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares tem sido estudada para aumentar a síntese de biomoléculas de interesse para as indústrias de fitomedicamentos e por isso, neste capítulo, sua aplicação como uma potencial agrobiotecnologia é discutida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostos bioativos; FMA; *Passiflora alata*

### IS THE MYCORRHIZATION AN ALTERNATIVE TO SWEET PASSION FRUIT PRODUCERS?

**ABSTRACT:** Sweet passion fruit is widely distributed in Brazil and has an economic importance due to its fruit fresh consumption, use in ornamentation and production of herbal medicines. The leaf extract presents therapeutic potential since the biomolecules on the phytomass confer sedative and antioxidant properties. Nevertheless, its representation in herbal medicines formulations is not significant. An alternative to encourage the use of this Passifloraceae is enhancing the biomolecules



production. Thereby, inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi has been studied to increase the synthesis of biomolecules of interest to the herbal medicine industries and by that, its application as an agrobiotechnological alternative is discussed in this chapter.

**KEYWORDS:** Bioactive compounds; AMF; *Passiflora alata*.

## 1 | INTRODUÇÃO

*Passiflora alata* Curtis ou maracujazeiro-doce, como é popularmente conhecida, é uma espécie nativa do Brasil (Bernacci *et al.* 2015), que também pode ser encontrada em outros países da América Latina (Bernacci *et al.* 2003). Assim como a *Passiflora edulis* Sims, o maracujazeiro-doce é cultivado no Brasil em escalas comerciais, considerando que os frutos são consumidos *in natura* e outras partes destinadas à produção de fitomedicamentos (Riter Netto *et al.* 2014). É utilizada também na medicina tradicional (Noriega *et al.* 2011), estando listada na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (Renisus) (MS 2009), pois é usada no tratamento de diversas enfermidades. Por tais razões, essa espécie possui importância econômica.

As folhas do maracujazeiro-doce concentram metabólitos secundários, como os flavonoides e as saponinas, que conferem propriedades sedativas e neuroprotetoras à espécie (Klein *et al.* 2014; Smruthi *et al.* 2021). Além disso, concentram fenólicos, como as proantocianidinas, que estão associadas com o potencial antioxidante e antimicrobiano (Vasic *et al.* 2012). Somado a isso, foi demonstrado que a produção desses metabólitos pode ser otimizada com a aplicação de adubos orgânicos associada à inoculação de microrganismos benéficos do solo (Oliveira *et al.* 2015a,b; 2020). Essas alternativas podem gerar lucro aos produtores de maracujazeiros, que visam fornecer fitomassa com qualidade diferenciada para produção de ansiolíticos de origem vegetal (Muniz *et al.* 2021).

Diante da relevância das espécies de maracujazeiros no Brasil e no mundo, para o uso medicinal (Fonseca *et al.* 2020), este capítulo visa abordar os aspectos botânicos gerais, as características fitoquímicas e os efeitos medicinais do maracujazeiro-doce, destacando-se alternativas para um cultivo ambientalmente seguro, que pode ser obtido com a aplicação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) como bioinsumo agrícola.

## 2 | PASSIFLORA ALATA CURTIS

Espécies de Passifloraceae ocorrem em regiões tropicais e subtropicais, com evidente diversidade nas Américas tropicais (Tropicos 2020), local de origem da maioria dos representantes desse grupo vegetal (Faleiro *et al.* 2005). E, por isso, são bem distribuídas nas cinco regiões do Brasil, estando presentes em todos os biomas (Bernacci *et al.* 2015), além de serem encontradas em outros países latino-americanos, como Argentina, Equador, Paraguai e Peru (Bernacci *et al.* 2003). E, por isso, o cultivo dessas plantas é melhor desenvolvido em clima tropical, devido à temperatura, à radiação solar, à umidade relativa

do ar e à precipitação mais adequada nessas regiões. Além disso, é necessário considerar que os maracujazeiros se desenvolvem bem em solo com níveis significativos de matéria orgânica e drenagem adequada (IICA 2017).

De acordo com a caracterização de Bernacci *et al.* (2020), *P. alata* é uma trepadeira de caule sublenhoso, quadrangular e glabro, com estípulas lanceoladas inteiras. Suas flores têm cerca de 10 cm de diâmetro e os frutos são do tipo baga, de forma obovoide-piriforme, com sementes cordiformes em seu interior.

O maracujazeiro-doce é a segunda espécie de *Passiflora* em área plantada no Brasil (IICA 2017). Destaca-se pelo alto rendimento financeiro (Embrapa, 2018) e por ser utilizado na formulação de fitomedicamentos comerciais, como o Ansiodoron® (Weleda). Por isso, é uma planta com evidente importância econômica no segmento de medicamentos de origem vegetal, além de ser uma das espécies mais procuradas em produtos que combatem sintomas de ansiedade (Fonseca *et al.* 2020).

Além disso, esse maracujazeiro consta na lista do RENISUS (MS, 2009) e na Farmacopeia Brasileira (Anvisa, 2019), considerando que os compostos secundários encontrados no extrato foliar com efeitos medicinais (Smruthi *et al.* 2021) possuem propriedades ansiolíticas e antioxidantes comprovadas. No entanto, os flavonoides, que são responsáveis pela ação ansiolítica do maracujazeiro-doce, são sintetizados em pequenas concentrações nas folhas (Wosch *et al.* 2017; Oliveira *et al.* 2020). Deste modo, é necessária a seleção de tecnologias sustentáveis que visem incrementar a produção desses compostos bioativos, responsáveis pelas propriedades medicinais, a fim de fornecer à indústria uma fitomassa mais rentável e competitiva no mercado de fitomedicamentos.

### **31 PROPRIEDADES FITOQUÍMICAS E MEDICINAIS DE FOLHAS DE *PASSIFLORA ALATA* CURTIS**

Nos últimos dez anos foram publicados menos de 20 artigos, que analisaram a produção de biomoléculas em folhas de *P. alata*. Nesse sentido, os grupos de compostos doseados incluem os metabólitos primários, como as proteínas e os carboidratos solúveis (Oliveira *et al.* 2015 a; Muniz *et al.* 2021), os compostos fenólicos, como os taninos e os flavonoides (Vasic *et al.* 2012), além de compostos terpênicos (Costa *et al.* 2016; Muniz *et al.* 2021) e nitrogenados (Machado *et al.* 2010). Com isso, este tópico abordará os estudos com folhas de maracujazeiro-doce e sua fitoquímica, de acordo com o grupo de compostos estudado.

Os flavonoides formam o principal grupo de relevância na pesquisa com *Passiflora* spp., devido ao seu papel nas ações ansiolíticas e sedativas (Deng *et al.* 2010) e antidepressiva atribuídas ao gênero (Wang *et al.* 2013). E, devido a essas propriedades medicinais, mais da metade dos estudos nos últimos anos teve o enfoque na produção e identificação de flavonoides C-glicosídeos (Costa *et al.* 2016; Wosch *et al.* 2017; Simão *et*

al. 2018).

Considerando o potencial dessa espécie para produção de diversos fitomedicamentos ansiolíticos, segundo Fonseca *et al.* (2020), *P. alata* representa a segunda espécie mais utilizada na fabricação desses medicamentos. É a partir da fitomassa seca do maracujazeiro-doce que são formulados medicamentos como o Ansiodoron® (Weleda). Nesse sentido, ao utilizar o extrato seco é possível que ocorra o sinergismo com outras biomoléculas presentes (Schmidt *et al.* 2008), que podem potencializar o efeito terapêutico da espécie, como relatado por Wang *et al.* (2013), em que as saponinas foram relacionadas com o efeito antidepressivo em maracujazeiro-amarelo.

Dessa forma, as saponinas produzidas em *P. alata* também são de grande importância e podem ocorrer em altas concentrações em suas folhas, como visto por Muniz *et al.* (2021), que dosearam 630,83 µg g<sup>-1</sup> de planta desses compostos triterpênicos, sendo superior à produção de saponinas foliares em estudos com *P. edulis* (Oliveira *et al.* 2020). Com isso, as saponinas quadrangulosídicas são encontradas em maior proporção, podendo ser superiores à produção de flavonoides (Reginato *et al.* 2004).

Adicionalmente, os metabólitos presentes em *P. alata* podem conferir outras propriedades medicinais, que também são de interesse da indústria farmacêutica. Dessa forma, foram verificados efeitos sedativos (Klein *et al.* 2014), de combate à insônia e à ansiedade (Fiss *et al.* 2006), antioxidantes (Pineli *et al.* 2015; Colomeu *et al.* 2014; Figueiredo *et al.* 2016), anti-inflamatórios (Figueiredo *et al.* 2016), antidiabéticos (Colomeu *et al.* 2014), gastroprotetores (Wasicky *et al.* 2015), redutores da atividade cancerígena relacionada à leucemia linfoblástica aguda (Ozarowski *et al.* 2018), além da ação antimicrobiana (Vasic *et al.* 2012; Simão *et al.* 2018).

Tendo em vista os estudos publicados, é notável que os extratos foliares de *P. alata* podem ser usados na indústria farmacêutica para formulação de diversos fitomedicamentos, devido a sua ação terapêutica e à produção de metabólitos, que podem ser superiores a outras espécies de *Passiflora*; isso aponta para a necessidade de condução de estudos que investiguem outras atividades medicinais, como ações terapêuticas do extrato associada a medicamentos alopáticos.

## 4 | SIMBIOSE MICORRÍZICA EM MARACUJAZEIRO-DOCE

As raízes de *Passiflora* são colonizadas por FMA (Oliveira *et al.* 2015a) e estabelecem uma associação simbiótica, conhecida como micorriza arbuscular. Os FMA são microrganismos do solo pertencentes ao filo Glomeromycota (Wijayawardene *et al.* 2020) que colonizam cerca de 80 % das espécies vegetais estudadas (Brundrett e Tedersoo 2018). Suas hifas aumentam a superfície de contato com o solo, possibilitando a exploração de áreas que as raízes não alcançam, e, com isso, ocorre a maior absorção de nutrientes que são transferidos do FMA para a planta, como fósforo, nitrogênio, cobre e

zinco (Kaur e Suseela 2020).

É conhecido que a simbiose possibilita maior absorção de nutrientes (Silva *et al.* 2015), maior crescimento vegetal (Anjos *et al.* 2005) e maximização da biossíntese de metabólitos secundários, como fenóis e saponinas totais (Muniz *et al.* 2021) (Figura 1). Tais benefícios são relevantes para o cultivo de maracujazeiro-doce.

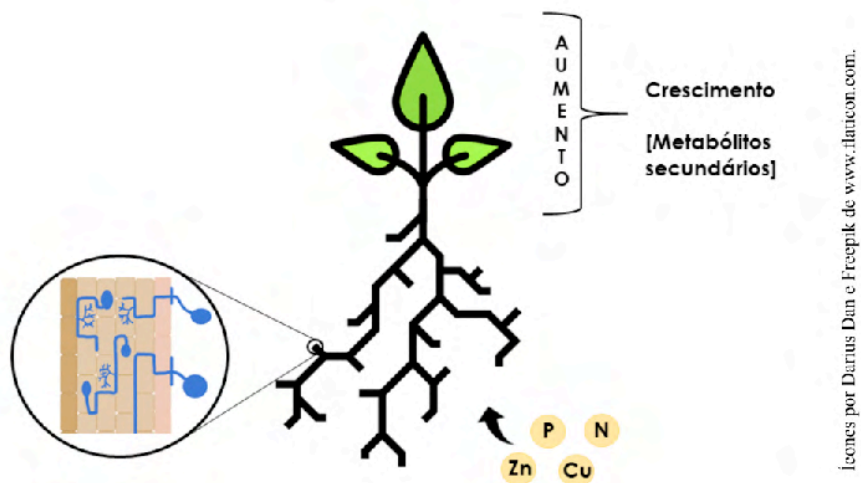


Figura 1. Esquema de uma muda de *Passiflora alata* Curtis com raízes colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares e a sumarização de alguns benefícios da micorrização (Anjos *et al.* 2005; Muniz *et al.* 2021). Esta figura foi desenvolvida utilizando recursos de Flaticon.com.

Após a constatação dos benefícios da micorrização em outras espécies de maracujazeiro, como o aumento da absorção de nutrientes do solo (Soares e Martins 2000), outros estudos documentaram benefícios em *P. alata*. Nesse sentido, foi observado que mudas desse maracujazeiro tiveram aumento no crescimento, quando foram inoculadas com isolado de FMA selecionado (Silva *et al.* 2004). Essa eficiência pode estar relacionada ao aumento da absorção do fósforo do solo (Ferrol *et al.* 2019). No entanto, o fósforo, em concentrações elevadas, pode reduzir a taxa de colonização micorrízica. Por isso, altas concentrações desse nutriente precisaram ser avaliadas. Nesse sentido, o maracujazeiro-doce foi testado em diferentes concentrações de P no substrato de cultivo, e foi verificado que, mesmo em níveis elevados de P, a micorrização foi eficiente para o crescimento de *P. alata* (Anjos *et al.* 2005).

Adicionalmente, foi documentado que a utilização de FMA em *P. alata* diminuiu a necessidade de adubação (Riter Netto *et al.* 2014) e o tempo de transplante de mudas ao campo (Anjos *et al.* 2005), aumentou a tolerância a nematoides parasitas (Anjos *et al.* 2010), incrementou o crescimento em plantas inoculadas com bactérias diazotróficas (Vitorazi-Filho *et al.* 2012) e a absorção nutrientes do solo (Riter Netto *et al.* 2014) (Tabela

1). Para isso, foram observados, dentre outros, parâmetros como altura, matéria seca, diâmetro do caule e o número de folhas (Anjos *et al.* 2005; Silva *et al.* 2009; Muniz *et al.* 2021).

<b>Benefício da micorrização</b>	<b>Referência</b>
Aumento do crescimento vegetal	Silva <i>et al.</i> 2004
Redução do tempo de transplântio de mudas	Anjos <i>et al.</i> 2005
Aumento da tolerância a nematoides parasitas	Anjos <i>et al.</i> 2010
Maior crescimento de plantas inoculadas com bactérias diazotróficas	Vitorazi-Filho <i>et al.</i> 2012
Maior absorção de nutrientes, aumento na produção de fenóis totais e menor necessidade de adubação fosfatada	Riter Netto <i>et al.</i> 2014
Maior síntese de metabólitos primários e secundários	Oliveira <i>et al.</i> 2015a
Maior produção de vitexina-2- <i>O</i> -ramnosídeo e de orientina	Oliveira <i>et al.</i> 2015b
Maior biossíntese de fenóis e de saponinas totais	Muniz <i>et al.</i> 2021

Tabela 1. Benefícios verificados a partir da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em *Passiflora alata* Curtis.

No entanto, não era conhecida a influência da inoculação desses simbiossiontes na fitoquímica foliar de *Passiflora*, até que Riter Netto *et al.* (2014) reportaram o aumento na produção de fenóis totais em *P. alata*, visando a utilização da fitomassa como constituinte de fitomedicamentos. No ano seguinte, foi observada maior síntese de flavonoides totais e de vitexina-2-*O*-ramnosídeo em folhas de maracujazeiro-doce, incrementada pela utilização de *G. albida*, e também de orientina, quando as plantas foram mantidas em substrato acrescido com vermicomposto (Oliveira *et al.* 2015a, b). No entanto, nesse estudo não foram testados outros fungos.

Nesse sentido, após seis anos, foram avaliados outros isolados de FMA, visando selecionar aquele mais eficiente em incrementar a produção de saponinas e de fenóis nessa *Passiflora*. Para isso, foram inoculados os fungos *A. longula* e *G. albida* nas mudas, e apesar de não terem promovido a maior produção de flavonoides totais e de proantocianidinas em comparação ao controle, foi reportado aumento na concentração de fenóis totais e de saponinas totais quando as plantas estavam associadas a *A. longula* (Muniz *et al.* 2021). A utilização do solo-inóculo tem sido considerada um insumo acessível devido ao seu baixo custo (0,02 USD/planta) (Silva e Silva, 2020). Resultados similares reportaram que a inoculação com *A. longula* potencializou a biossíntese de metabólitos secundários em outra espécie de *Passiflora*, o maracujazeiro-amarelo (Oliveira *et al.* 2020).

Considerando os benefícios mencionados, a fitomassa de *P. alata* com elevada concentração de compostos bioativos, como as saponinas e os fenóis, pode aumentar o interesse das indústrias de fitomedicamentos calmantes que utilizam essa espécie como matéria-prima, uma vez que são atribuídos a esses metabólitos os efeitos calmantes (Fiss

*et al.* 2006) e sedativos (Klein *et al.* 2014).

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas, as ações sedativas, ansiolíticas e antioxidantes dos extratos foliares da *P. alata* foram documentadas e essa se mostrou uma espécie competitiva no mercado de fitomedicamentos. Contudo, essa Passifloraceae não é a principal matéria-prima de fitomedicamentos à base de *Passiflora*, pois perde espaço para uma planta exótica, *Passiflora incarnata* L. (Fonseca *et al.* 2020), evidenciando a necessidade de mais estudos com o maracujazeiro-doce de maior interação entre a academia e o setor produtivo, para efetivar o uso da fitomassa desse maracujazeiro em formulações farmacêuticas.

Nesse sentido, é necessário desenvolver tecnologias, como a aplicação de FMA, que promovem o aumento da produção de fitoquímicos e, possivelmente, os efeitos medicinais de interesse às indústrias farmacêuticas. Essa biotecnologia micorrízica é uma proposta de baixo custo e promissora para cultivos sustentáveis de maracujazeiros.

Conforme observado em estudos anteriores, a aplicação de FMA incrementa a produção de maracujazeiro-doce (Oliveira *et al.* 2015a,b; 2021), sendo uma alternativa para otimizar a produção de compostos e agregar valor à fitomassa a ser comercializada para às indústrias de fitomedicamentos. Para que a fitomassa dessa Passifloraceae tenha mais valor associado, é importante testar outros isolados de FMA, visando produzir folhas com elevados teores de bioativos e mais atrativas às farmacêuticas de ansiolíticos à base de maracujazeiros.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - Anvisa. **Farmacopeia Brasileira**. 6ª ed. Vol. 2: Plantas Medicinais. 2019.

ANJOS, E.C.T. *et al.* Interactions between an arbuscular mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). **Braz Arch Biol Technol**, v. 53, p. 801-809, 2010.

ANJOS, E.C.T. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesq Agropecu Bras**, v. 40, p. 345–351, 2005.

BERNACCI, L.C., VITTA, F.A. & BAKKER, Y.V. Passifloraceae. In: Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. **São Paulo: FAPESP**. p. 247-274, 2003.

BERNACCI, L.C. *et al.* Passifloraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12508>>.

BERNACCI, L.C. *et al.* *Passiflora* in Flora do Brasil 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12508>>. Acesso em: 08 mai. 2021

BRUNDRETT, M.C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytol**, v. 220, p. 1108-1115, 2018.

COLOMEU, T.C. *et al.* Antioxidant and anti-diabetic potential of *Passiflora alata* Curtis aqueous leaves extract in type 1 diabetes *mellitus* (NOD-mice). **Int Immunopharmacol**, v. 18, p. 106-115, 2014.

COSTA, G. M. *et al.* Chemical profiles of traditional preparations of four South American *Passiflora* species by chromatographic and capillary electrophoretic techniques. **Rev Bras Farmacogn**, v. 26, p. 451-458, 2016.

DENG, J. *et al.* Anxiolytic and sedative activities of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. **J Ethnopharmacol**, vol. 128, p. 148-153, 2010.

EMBRAPA, 2018. Cultivo de maracujá doce pode gerar mais renda dentro da agricultura familiar. **Embrapa Cerrados**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33562532/cultivo-de-maracuja-doce-pode-gerar-mais-renda-dentro-da-agricultura-familiar>>. Acesso em: 28 mai. 2021

FALEIRO, F.G. *et al.* **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina- DF: Embrapa Cerrado. 2005. 677p.

FERROL, N. *et al.* Review: Arbuscular mycorrhizas as key players in sustainable plant phosphorus acquisition: An overview on the mechanisms involved. **Plant Sci**, v. 280, p. 441-447, 2019.

FIGUEIREDO, D. *et al.* Aqueous leaf extract of *Passiflora alata* Curtis promotes antioxidant and anti-inflammatory effects and consequently preservation of NOD mice beta cells (non-obese diabetic). **Int Immunopharmacol**, v. 35, p. 127-136, 2016.

FISS, E. *et al.* *Passiflora*, *Crataegus* and *Erythrina* combination efficacy and tolerability clinical evaluation compared to *Passiflora*, *Crataegus* and *Salix* combination in the treatment of patients suffering from insomnia and mild anxiety. **Rev Bras de Medicina**, v. 63, p. 489-496. 2006.

FONSECA, L.R. *et al.* Herbal Medicinal Products from *Passiflora* for anxiety: an unexploited potential. **Sci World J**, v. 2020, p. 1-18. 2020.

IICA. Instituto Interamericano de Cooperación Para La Agricultura. FALEIRO, F.G. (COORD.); JUNQUEIRA, N.T.V.; COSTA, A.M.; JESUS, O.N.; MACHADO, C.F. Maracujá *Passiflora* sp. 2017.

KAUR, S.; SUSEELA, V. Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome *sukhmanpreet*. **Metabolites**, v. 10, p. 335-365, 2020.

KLEIN, N. *et al.* Assessment of sedative effects of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* and *Passiflora alata* extracts in mice, measured by telemetry. **Phytother Res**, v. 28, p. 706-713, 2014.

MACHADO, M.W. *et al.* Search for alkaloids on callus culture of *Passiflora alata*. **Braz Arch Biol Technol**, v. 53, p. 901-910. 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. MS elabora Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS. 2009 Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms\\_relacao\\_plantas\\_medicinais\\_sus\\_0603.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_medicinais_sus_0603.pdf)>. Publicado em: 6/03/2009> Acesso em: 13 ab. 2021.

- MUNIZ, B.C. *et al.* *Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck: A low-cost bioinspiration to optimize phenolics and saponins production in *Passiflora alata* Curtis. **Ind Crops Prod**, v. 167, p. 113498, 2021.
- NORIEGA, P. *et al.* *Passiflora alata* Curtis: a Brazilian medicinal plant. **B Latinoam Caribe PL**, v. 10 p. 398-413, 2011.
- OLIVEIRA, M.S.; CAMPOS, M.A.S.; SILVA, F.S.B. Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost maximize the production of foliar biomolecules in *Passiflora alata* Curtis. **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-rhamnoside synthesis in *Passiflora alata* Curtis seedlings. **Ind Crops Prod**, v. 77, p. 754–757, 2015b.
- 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, 2020.
- OZAROWSKI, M. *et al.* Comparison of bioactive compounds content in leaf extracts of *Passiflora incarnata*, *P. caerulea* and *P. alata* and in vitro cytotoxic potential on leukemia cell lines. **Rev Bras Farmacogn**, v. 28, p. 179-191, 2018.
- PINELI, L.L. *et al.* Antioxidants and sensory properties of the infusions of wild *Passiflora* from Brazilian savannah: potential as functional beverages. **J Sci Food Agric**, v. 95, p. 1500-1506, 2015.
- REGINATTO, F. H. *et al.* Assay of quadranguloside, the major saponin of leaves of *Passiflora alata*, by HPLC-UV. **Phytochem Anal**, v. 15, p. 195–197. 2004.
- RITER NETTO, A.F. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e no crescimento de *Passiflora alata* Curtis. **Rev Bras Plantas Med**, v.16, p. 1-9. 2014.
- SCHMIDT, B. *et al.* A natural history of botanical therapeutics. **Metabolism**, v. 57, p. 3–9, 2008.
- SILVA, E.M. *et al.* Response of *Passiflora setacea* to mycorrhization and phosphate fertilization in a semiarid region of Brazil. **J Plant Nutr**, v. 38, p. 431-442, 2015.
- 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, 2020.
- SILVA, M.A. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) associadas a fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota). **Acta Bot Bras**, v. 18, p. 981-985, 2004.
- SILVA, T.F.B. *et al.* Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Rev Caatinga**, v.22, p.1-6, 2009.
- SIMÃO, M.J. *et al.* A comparative study of phytoconstituents and antibacterial activity of in vitro derived materials of four *Passiflora* species. **An Acad Bras Ciênc**, v. 90, p. 2805–2813. 2018.



SMRUTHI, R. *et al.* The active compounds of *Passiflora* spp and their potential medicinal uses from both in vitro and in vivo evidences. **J Adv Biomed & Pharm Sci**, v. 4, p.45-55. 2021.

SOARES, A.C.F., MARTINS, M.A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpus*). **Rev Bras Ci Solo**, v. 24, p. 731-740, 2000.

TROPICOS. ORG. Missouri Botanical Garden. *Passifloraceae*. Disponível: <<http://www.tropicos.org/SpecimenGeoSearch.aspx>>. Acesso: 07 de mar. 2020.

VASIĆ, S. M. *et al.* Biological activities of extracts from cultivated granadilla *Passiflora alata*. **EXCLI Journal**, v. 11, p. 208-2018, 2012.

VITORAZI-FILHO, J.A.V. *et al.* Crescimento de mudas de maracujazeiro-doce inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas sob diferentes doses de fósforo. **Rev Bras Frutic**, v. 34, p. 442-450. 2012.

WANG, C. *et al.* Cycloartane triterpenoid saponins from water soluble of *Passiflora edulis* Sims and their antidepressant-like effects. **J Ethnopharmacol**, v. 148, p. 812–817. 2013.

WASICKY, A. *et al.* Evaluation of gastroprotective activity of *Passiflora alata*. **Rev Bras Farmacogn**, v. 25, p. 407-412, 2015.

WIJAYAWARDENE N.N. *et al.* Outline of Fungi and fungus-like taxa. **Mycosphere**, v. 11, p. 1060–1456, 2020.

WOSCH, L. *et al.* Comparative study of *Passiflora* taxa leaves: II. A chromatographic profile. **Rev Bras Farmacogn**, v. 27, p. 40–49, 2017.

# CAPÍTULO 4

## PASSIFLORA SETACEA DC: PRODUÇÃO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS DE INTERESSE MEDICINAL E EFICIÊNCIA MICORRÍZICA

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 03/01/22

### Eduarda Lins Falcão

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8784701808588813>

### Brena Coutinho Muniz

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8929526919264019>

### Fábio Sérgio Barbosa da Silva

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM e Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1170471698880208>

**RESUMO:** Assim como outras espécies de maracujazeiros, *Passiflora setacea* DC produz metabólitos importantes que podem agregar valor aos frutos, às sementes e às folhas. Essa espécie é resistente a fitopatógenos, o que pode facilitar o cultivo para destinação dos frutos e das folhas às indústrias de cosméticos e de fitomedicamentos.

Uma alternativa para viabilizar o cultivo comercial de *P. setacea* é a tecnologia micorrízica, que pode potencializar a produção de compostos e o crescimento de maracujazeiros. Dessa forma, neste capítulo serão abordados o potencial econômico e os benefícios da micorrização em *P. setacea*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitoquímica; fungos micorrízicos arbusculares; maracujazeiro.

### PASSIFLORA SETACEA DC: PRODUCTION OF SECONDARY METABOLITES OF MEDICINAL INTEREST AND MYCORRHIZAL EFFICIENCY

**ABSTRACT:** As well as other passion fruit species, *Passiflora setacea* DC produces important metabolites that can add value to fruits, seeds and leaves. This species is resistant to phytopathogens, which can facilitate the cultivation for the destination of fruits and leaves to the cosmetic and phytomedicine industries. An alternative to make the commercial cultivation of *P. setacea* viable is the mycorrhizal technology, which can enhance the production of compounds and the growth of passion fruit. Thus, in this chapter the economic potential and benefits of mycorrhization in *P. setacea* will be addressed.

**KEYWORDS:** Phytochemistry; arbuscular mycorrhizal fungi; passion fruit.

## 1 | INTRODUÇÃO

*Passiflora setacea* DC é uma espécie conhecida por maracujá-sururuca, maracujá-do-Cerrado ou maracujá-do-sono, que ocorre em nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste,

sendo uma das espécies de *Passiflora* endêmicas do Brasil (Bernacci *et al.* 2020).

Apesar de ser uma espécie promissora, por possuir maior resistência à seca, a patógenos causadores de antracnose, de verrugose, de septoriose e à virose do endurecimento do fruto (Vieira *et al.* 2018), o cultivo dessa planta representa menos que 5 % dos plantios de *Passiflora* no Brasil; aproximadamente, 90 % da área plantada é representada por *Passiflora edulis* Sims, e a outra parte se divide entre cultivares de *Passiflora alata* Curtis e de alguns maracujazeiros silvestres (Faleiro *et al.* 2005; 2019).

Com destaque, o fruto é a principal parte vegetal comercializada dos maracujazeiros. Dessa forma, tal órgão de *P. setacea* podem agradar ao público devido às características organolépticas (Costa *et al.* 2015); além disso, concentram compostos funcionais importantes (Wondracek *et al.* 2012 a,b; Ribeiro *et al.* 2014; Carvalho *et al.* 2018).

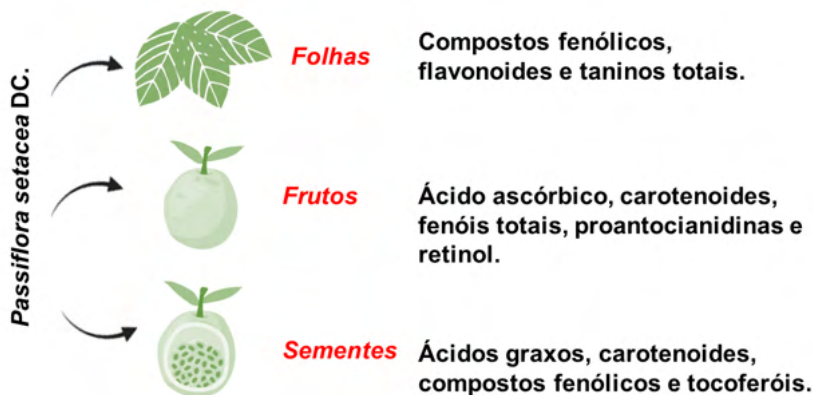
Adicionalmente, os metabólitos produzidos nas folhas conferem efeitos medicinais em maracujazeiros (Klein *et al.* 2014), que são utilizados para formulação de fitomedicamentos ansiolíticos (Fonseca *et al.* 2020). Dessa forma, as folhas do maracujá-do-sono produzem compostos secundários com propriedades antioxidantes (Klein *et al.* 2014; Pineli *et al.* 2015) e ansiolíticas, como a vitexina (Wosch *et al.* 2017; Rosa *et al.* 2021).

Visando aumentar o interesse comercial de *P. setacea* são desenvolvidas alternativas, como o desenvolvimento de cultivares, o melhoramento genético (Embrapa 2013) e a cultura de tecidos (Ozarowski e Thiema 2013). Além dessas estratégias, o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode ser uma opção promissora, uma vez que o processo de inoculação é de baixo custo (Silva e Silva 2020). Esses fungos formam simbiose com maracujazeiros (Silva *et al.* 2015) e podem favorecer a absorção de nutrientes do solo, em troca de carboidratos, modulando a biossíntese de metabólitos que promovem atividade antioxidante (Kaur e Suseela 2020). Nesse sentido, os benefícios da micorrização na produção de metabólitos foram documentados em outras espécies de maracujazeiros (Oliveira *et al.* 2015; 2020a). Entretanto, para *P. setacea*, foi observada apenas melhoria no *status* fisiológico em mudas micorrizadas (Silva *et al.* 2015).

Considerando que os frutos e as folhas produzem biomoléculas importantes para o comércio, com valor alto agregado, neste capítulo será abordada a possibilidade da inoculação de FMA para otimizar o crescimento e a produção de metabólitos presentes no maracujazeiro-do-sono.

## 2 | IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DE *PASSIFLORA SETACEA* DC

Os órgãos de *P. setacea*, como as flores, os frutos e as folhas, podem ser aproveitados nos segmentos das indústrias de ornamentação, cosmética, alimentícia e de fitomedicamentos (Figura 1). Essas aplicações serão descritas a seguir.



Elementos retirados do Canva.com

Figura 1. Compostos biossintetizados em *Passiflora setacea* DC. (Wondracek *et al.* 2012 a,b; Ribeiro *et al.* 2014; Santana *et al.* 2015; Pineli *et al.* 2015; Wosch *et al.* 2017; Carvalho *et al.* 2018; Rosa *et al.* 2021).

O maracujazeiro-do-sono pode ser utilizado para fins ornamentais (Embrapa 2013) e possui a vantagem nesse ramo, pois floresce o ano inteiro (Ataíde *et al.* 2012). No entanto, ainda há poucos estudos sobre o potencial medicinal dessa parte vegetal, comparado aos frutos, às folhas e às sementes.

Por outro lado, a polpa de *P. setacea* representa cerca de 35 % da massa total do fruto, com propriedades organolépticas que a diferencia de outras cultivares comerciais (Costa *et al.* 2015). Desse modo, as pesquisas realizadas com os frutos de *P. setacea* compõem uma gama de informações, apesar de poucos artigos terem sido publicados sobre a fitoquímica dessa espécie (Figura 1) (Wondracek *et al.* 2012a,b; Ribeiro *et al.* 2014; Carvalho *et al.* 2018).

O teor de carotenoides é uma característica importante na maturação dos frutos (Ma *et al.* 2018); com isso, a quantificação e a extração desses compostos foram um dos primeiros dados a serem publicados. Nesse sentido, Wondracek *et al.* (2012 a,b), ao quantificar e identificar os carotenoides em polpas de *Passiflora*, dentre elas a do maracujá-do-sono, verificaram que além de concentrar  $\beta$ -carotenos, são fontes de vitamina A, sendo os teores superiores aos obtidos em *Passiflora cincinnata* Mast., que ocorre no mesmo bioma.

Além de ser uma fonte de carotenoides, Ribeiro *et al.* (2014) verificaram que as polpas de *P. setacea* concentram 29,61 mg de ácido ascórbico/100 mL de polpa, o que agrega valor ao produto, por ser um composto antioxidante e por potencializar a formação do colágeno (Maione-Silva *et al.* 2019). Dessa maneira, o consumo de vitaminas traz benefícios para a saúde humana, considerando seu papel como regulador para o sistema imune, como abordado em revisão por Huang *et al.* (2018). Além disso, o composto

oxidado da vitamina A, a tretinoína, é amplamente utilizado na formulação de produtos para tratamento de acne e redução de linhas de expressão (Ochsendorf 2015) e ação epitelizante (McDaniel *et al.* 2017).

Dando continuidade ao estudo dos frutos de *P. setacea*, Carvalho *et al.* (2018) verificaram que as polpas do maracujá-do-sono são fontes de compostos fenólicos e de taninos condensados (proantocianidinas). Além disso, a biossíntese desses metabólitos pode variar de acordo com o método de cultivo, considerando que a maior produção de fenólicos foi obtida em maracujazeiros cultivados em espaldeiras durante a estação chuvosa. Tal resultado pode auxiliar a direcionar estudos que visem otimizar a produção de biomoléculas nessa planta.

Em relação às sementes do maracujazeiro-do-sono, apesar de ainda pouco exploradas, apresentam um conjunto de compostos de importância medicinal. Dessa forma, são fonte de ácidos graxos, tendo a produção de ácido linoleico similar a outros maracujazeiros (Santana *et al.* 2015). Tal composto é essencial para a saúde humana, pois é necessária uma fonte de alimento para obtenção desse bioativo (Sainir e Keum 2018).

As sementes da *P. setacea* também são fontes de  $\delta$ -tocoferol, vitamina de alta ação antioxidante e utilizada na prevenção da osteoartrite, como abordado em revisão de Chin e Ima-Nirwana (2018), o que é relevante para a medicina; nesse sentido, a concentração obtida por Santana *et al.* (2015) (201,93 mg/100 g) é superior a outras plantas conhecidas por produzirem tal vitamina, como o girassol (4,9 mg/Kg) (Aksoz *et al.* 2020).

É válido destacar que essas sementes também concentram compostos secundários, como carotenoides e fenólicos, em quantidades superiores às produções reportadas para cultivares de *P. edulis* e de *P. alata* (Santana *et al.* 2015). Somado a isso, também apresentaram maior atividade antioxidante, o que é atrativo à indústria de cosméticos que utilizam sementes de *Passiflora* na composição de cremes (Proaño *et al.* 2020). Tal potencial foi reportado para sementes do maracujazeiro-roxo, devido à presença de compostos fenólicos e à capacidade de ligação com enzimas relacionadas ao envelhecimento epitelial (Yepes *et al.* 2021). Além disso, esses compostos têm efeito antibacteriano, como observado por Jusuf *et al.* (2020), em que o extrato de sementes da *P. edulis* inibiu o crescimento de *Propionibacterium acnes*. Dessa forma, as sementes do maracujá-do-sono apresentam potencial para utilização nas formulações de cosméticos e também na indústria alimentícia, por serem fontes de ácidos graxos, tocoferóis e compostos secundários e pelas propriedades antioxidantes dos extratos metanólicos (Santana *et al.* 2015).

Outro órgão do maracujazeiro-do-sono pouco estudado são as folhas. Estas podem ser consumidas como chá, pois segundo Pineli *et al.* (2015) possuem odor e sabor similar a outras infusões comercializadas. Tal característica atribui valor à fitomassa para o comércio de suas folhas à indústria de bebidas, considerando que, além serem bem aceitas pelo público, são ricas em compostos fenólicos com ação antioxidante (Pineli *et al.* 2015).

Apesar da importância, poucos estudos foram direcionados à fitoquímica de *P.*

*setacea*. Pineli *et al.* (2015) testaram dois tipos de extratos, hidroalcolólico e aquoso, sendo o último também utilizado para análises sensoriais e de aceitação por consumidores. Dessa forma, verificaram que, além de concentrar compostos antioxidantes, bebidas formuladas com *P. setacea* são mais aceitas por consumidores, em comparação com outras espécies de maracujazeiros comerciais testados. Em outras publicações, foram documentadas a produção de flavonoides-C-glicosídeos (Wosch *et al.* 2017; Rosa *et al.* 2021), compostos fenólicos relacionados com a ação ansiolítica (Oliveira *et al.* 2020b). Nesse sentido, Wosch *et al.* (2017), por cromatografia, verificaram que, assim como outras espécies de *Passiflora*, o maracujazeiro-do-sono produz isovitexina e isoorientina.

Nesse âmbito, Rosa *et al.* (2021) verificaram que, nos extratos foliares de *P. setacea* cv. BRS Pérola do Cerrado, foram produzidos 36,64 µg/mL de vitexina, concentração superior ao extrato de *P. alata*, que é utilizado na formulação de fitomedicamentos ansiolíticos (Fonseca *et al.* 2020). No entanto, as folhas de *P. setacea* ainda são pouco estudadas sob o prisma fitoquímico.

Considerando o exposto, são necessárias mais pesquisas que verifiquem a produção de biomoléculas, pois poucos artigos científicos relacionados à fitoquímica das folhas do maracujazeiro-do-sono foram publicados até o momento. Além disso, é relevante verificar as atividades medicinais que são comuns ao gênero *Passiflora*, mas que ainda não foram estabelecidas para esta espécie, como as ações ansiolítica (He *et al.* 2020) e antidepressiva (Wang *et al.* 2013). É importante esclarecer se a aplicação de ideótipos micorrízicos pode otimizar a produção de biomoléculas em *P. setacea*, como recomendado por Avio *et al.* (2018).

### 3 | TECNOLOGIA MICORRÍZICA NO MARACUJAZEIRO-DO-SONO

A simbiose com FMA promove benefícios no crescimento de maracujazeiros azedo e doce, quando inoculantes selecionados são aplicados (Cavalcante *et al.* 2002; Anjos *et al.* 2005). No maracujazeiro-do-sono, o único estudo com FMA foi conduzido por Silva *et al.* (2015); nesse trabalho, a inoculação com *Claroideoglomus etunicatum* W.N. Becker & Gerd. aumentou o crescimento e reduziu o tempo de transplantio das mudas para o campo, pois atingiram 30 cm em 60 dias (Silva *et al.* 2015). Além disso, a inoculação com o FMA dispensou a necessidade de adubação para otimizar o crescimento, avaliado pela matéria fresca e seca, número de folhas e altura das plantas. Como esperado, a taxa de colonização aumentou a absorção de macronutrientes e de micronutrientes. Nesse caso, os FMA promoveram maior absorção do Fósforo, quando comparado às plantas cultivadas em substrato adubado com fosfato. Isso, segundo os autores, torna o cultivo dessa espécie mais sustentável.

É importante salientar que além da maximização do *status* nutricional, a micorrização pode proporcionar regulações moleculares e promover outros benefícios ao vegetal, como

maior produção de terpenos, documentada por Sharma *et al.* (2017); nesse estudo, os autores apontaram a maior absorção de fósforo (P), em plantas micorrizadas, como fator relevante.

No entanto, para maracujazeiros, os benefícios da inoculação com FMA, para aumento na concentração de biomoléculas, foram documentados apenas para *P. edulis* e *P. alata*, como por exemplo os estudos de Oliveira *et al.* (2015; 2020a). Portanto, é importante conduzir ensaios com outras Passifloraceae, com *P. setacea*, que apresenta potencial para integrar o elenco de espécies que podem ser utilizadas na formulação de fitomedicamentos ansiolíticos e beneficiadas pela micorrização.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como discutido, pesquisas que visem explorar o potencial econômico e a fitoquímica de *P. setacea*, ainda são escassas. Entretanto, é evidente a relevância da fitomassa dessa espécie para as indústrias alimentícias, cosméticas e de medicamentos. Tal aspecto se dá pela produção de vitaminas, de metabólitos secundários e a atividade antioxidante presente nas folhas, nos frutos e nas sementes (Wondracek *et al.* 2012 a,b; Ribeiro *et al.* 2014; Santana *et al.* 2015; Pineli *et al.* 2015; Wosch *et al.* 2017; Carvalho *et al.* 2018; Rosa *et al.* 2021). Com isso, o maracujazeiro-do-sono pode se tornar uma alternativa promissora para ampliar o cultivo de maracujazeiros, uma vez que possui cultivares resistentes e apresenta produção de metabólitos importantes para as aplicações comerciais.

É preciso explorar as propriedades medicinais relacionadas a *P. setacea*, além de testar se a aplicação de FMA é relevante para otimizar a produção de biomoléculas com potencial medicinal, considerando que tal benefício foi apenas documentado para os maracujazeiros doce e azedo.

## REFERÊNCIAS

AKSOZ, E. *et al.* Vitamin E ( $\alpha$ -,  $\beta$  +  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol) levels in plant oils. **Flavour Frag J**, v. 35, p. 504-510. 2020.

ANJOS, E.C.T. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesq Agropecu Bras**, v. 40, p. 345-351, 2005.

ATAÍDE, E.M.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. Flowering and fructification of wild passion fruit *Passiflora setacea* D.C. grown in Jaboticabal, SP. **Rev Bras Frutic**, v. 34, p. 377-381. 2012.

AVIO, L. *et al.* Designing the ideotype mycorrhizal symbionts for the production of healthy food. **Front Plant Sci**, v. 9, p. 1089-1107, 2018.

BERNACCI, L.C. *et al.* *Passiflora* in Flora do Brasil 2020. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>>. Acesso em: 08 mai. 2021.

CARVALHO, M.V.O. *et al.* Effect of training system and climate conditions on phytochemicals of *Passiflora setacea*, a wild *Passiflora* from Brazilian savannah. **Food Chem**, v. 266, p. 350-358. 2018.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev Bras Ci Solo**, v. 26, p.1099-1106. 2002.

CHIN, K.Y.; IMA-NIRWANA, S. The role of vitamin in preventing and treating osteoarthritis – A review of the current evidence. **Front Pharmacol**, v. 9, p. 946. 2018.

COSTA, A.M. *et al.* Produção de mudas de maracujazeiro silvestre (*Passiflora setacea*). **Embrapa**, Comunicado técnico 276. 2015.

EMBRAPA. Cultivar o maracujá silvestre BRS Pérola do Cerrado será lançada nesta sexta-feira. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1492404/cultivar-de-maracuja-silvestre-brs-perola-do-cerrado-sera-lancada-nesta-sexta-feira>> Acesso em: 08 junho 2021.

FALEIRO, F.G. *et al.* **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina- DF: Embrapa Cerrado. 2005. 677p.

FALEIRO, F.G. *et al.* Banco de germoplasma de *Passiflora* L. ‘Flor da Paixão’ no portal alelo recursos genéticos. Brasília-DF: **Embrapa**. 2019. 86p.

FONSECA, LR. *et al.* Herbal medicinal products from *Passiflora* for anxiety: An unexploited potential. **Sci World J**, v. 2020, p. 1-18, 2020.

HE, X. *et al.* *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. **Front Pharmacol**, v. 11, p. 617, 2020.

HUANG, Z. *et al.* Role of vitamin a in the immune system. **J Clin Med**, v. 7, p. 258. 2018.

JUSUF, N.K *et al.* Antibacterial activity of passion fruit purple variant (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) seeds extract against *Propionibacterium acnes*. **Clin Cosmet Investig Dermatol**, v. 13, p. 99-104, 2020.

KAUR, S.; SUSEELA, V. Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome sukhmanpreet. **Metabolites**, v. 10, p. 335-365, 2020.

KLEIN, N. *et al.* Assessment of sedative effects of *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* and *Passiflora alata* extracts in mice, measured by telemetry. **Phytother Res**, v. 28, p. 706-713, 2014.

MA, X. *et al.* Carotenoid accumulation and expression of carotenoid biosynthesis genes in mango flesh during fruit development and ripening. **Sci Hortic**, v. 237, p. 201-206. 2018.

MAIONE-SILVA, L. *et al.* Ascorbic acid encapsulated into negatively charged liposomes exhibits increased skin permeation, retention and enhances collagen synthesis by fibroblasts. **Sci Rep**, v. 9, p. 522. 2019.



- MCDANIEL, D.H. *et al.* Efficacy and tolerability of a double-conjugated retinoid cream vs 1.0% retinol cream or 0.025% tretinoin cream in subjects with mild to severe photoaging. **J Cosmet Dermatol**, v. 16, p. 542-548. 2017.
- OCHSENDORF, F. Clindamycin phosphate 1.2% / tretinoin 0.025%: a novel fixed-dose combination treatment for acne vulgaris. **J Eur Acad Dermatol Venereol**, v. 29, p. 8-13. 2015.
- OLIVEIRA, M.S.; CAMPOS, M.A.S.; SILVA, F.S.B. Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost maximize the production of foliar biomolecules in *Passiflora alata* Curtis. **J Sci Food Agric**, v. 95, p. 522-528, 2015a.
- 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, 2020a.
- OLIVEIRA, D.D. *et al.* Vitexin possesses anticonvulsant and anxiolytic-Like effects in murine animal models. **Front Pharmacol**, v. 11, p. 1181, 11 ago. 2020b.
- OZAROWSKI, M; THIEMA, B. Progress in micropropagation of *Passiflora* spp. to produce medicinal plants: a mini-review. **Rev Bras Farmacogn**, v. 23, p. 937-947, 2013.
- PINELI, L.L. *et al.* Antioxidants and sensory properties of the infusions of wild *Passiflora* from Brazilian savannah: potential as functional beverages. **J Sci Food Agric**, v. 95, p. 1500-1506, 2015.
- PROAÑO, J. *et al.* Aceite de maracuyá (*Passiflora edulis*): Aprovechamiento de las semillas en productos cosméticos. **Enfoque UTE**, v. 11, p. 119-129. 2020.
- RIBEIRO, D.P *et al.* Teor de carotenoides e características pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* D.C. **Rev Iber Tecnol Postcosecha**, v. 15, p. 145-152. 2014.
- ROSA, L.C. *et al.* Development and validation of a new method to quantify vitexin-2-O-rhamnoside on *Passiflora* L. extracts. **J Med Plant Res**, v. 15, p. 45-55. 2021.
- SAINIR, R.K.; KEUM, Y.S. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance - A review. **Life Sci**, v. 203, p. 255-267. 2018.
- SANTANA, F.C. *et al.* Chemical composition and antioxidant capacity of brazilian *Passiflora* seed oils: Brazilian *Passiflora* seed oil. **J Food Sci**, v. 80, p. 2647-2654. 2015.
- SHARMA, E.; ANAND, G.; KAPOOR, R. Terpenoids in plant and arbuscular mycorrhiza-reinforced defense against herbivorous insects. **Ann Bot**, v. 119, p. 791–801, 2017.
- SILVA, E.M. *et al.* Response of *Passiflora setacea* to mycorrhization and phosphate fertilization in a semiarid region of Brazil. **J Plant Nutr**, v. 38, p. 431–442, 2015.
- 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, 2020.

VIEIRA, M.F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste. Brasília-DF: **Ministério do Meio Ambiente**. 2018. 1160p.

WANG, C. *et al.* Cycloartane triterpenoid saponins from water soluble of *Passiflora edulis* Sims and their antidepressant-like effects. **J Ethnopharm**, v. 148, p. 812-817, 2013.

WONDRACEK, D.C. *et al.* Influência da saponificação na determinação de carotenoides em maracujás do cerrado. **Quím Nova**, v. 35, p. 180–184, 2012a

WONDRACEK, D.C. *et al.* Composição de carotenoides em *Passifloras* do cerrado. **Rev Bras Frutic**, v. 33, n. 4, p. 1222–1228, dez. 2012b.

WOSCH, L. *et al.* Comparative study of *Passiflora* taxa leaves: II. A chromatographic profile. **Rev Bras Farmacogn**, v. 27, p. 40–49, 2017.

YEPES, A. *et al.* Purple passion fruit seeds (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims) as a promising source of skin anti-aging agents: Enzymatic, antioxidant and multi-level computational studies. **Arab J Chem**, v. 14, p. 102905. 2021.

# CAPÍTULO 5

## PASSIFLORA CINCINNATA MAST.: MATÉRIA-PRIMA PARA AS INDÚSTRIAS FARMACÊUTICA E ALIMENTÍCIA E POTENCIAL DA TECNOLOGIA MICORRÍZICA

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 03/01/22

### Eduarda Lins Falcão

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM, Instituto de Ciências Biológicas – Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/8784701808588813>

### Fábio Sérgio Barbosa da Silva

Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM, Instituto de Ciências Biológicas – Universidade de Pernambuco Recife – Pernambuco  
<http://lattes.cnpq.br/1170471698880208>

**RESUMO:** *Passiflora cincinnata* Mast. é uma das espécies de maracujá ocorrentes no Brasil. Esse maracujazeiro merece destaque por ser de fácil cultivo e apresentar tolerância a estresses bióticos e abióticos. Além disso, suas folhas são fontes de metabólitos secundários, que estão relacionados com propriedades antimicrobianas, antinociceptivas e antioxidantes. Os frutos são fonte de flavonoides, carotenoides e vitamina C, além de serem ricos em nutrientes, sendo os teores superiores aos registrados em *Passiflora edulis* Sims; por outro lado, as suas sementes são fonte de ácidos graxos essenciais à saúde humana. Contudo, *P. cincinnata* ainda é um recurso pouco explorado em relação a outras espécies de maracujazeiros. Com isso, neste capítulo será abordado o potencial econômico

de *P. cincinnata*, com enfoque na produção de fitoquímicos, e de uso da tecnologia micorrízica nessa espécie.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ação antioxidante; fenólicos; flavonoides.

### PASSIFLORA CINCINNATA MAST.: RAW MATERIAL TO THE PHARMACEUTICAL AND FOOD INDUSTRY AND POTENTIAL OF MYCORRHIZAL TECHNOLOGY

**ABSTRACT:** *Passiflora cincinnata* Mast. is one of the passion fruit species that occur in Brazil. This passion fruit deserves spotlight for its easy growing and for showing tolerance to biotic and abiotic stresses. Moreover, its leaves are source of secondary metabolites that are related to antimicrobial, antinociceptive and antioxidant properties. Its fruits are source of flavonoids, carotenoids, and C vitamin, in addition to being rich in nutrients which are higher than *Passiflora edulis* Sims; on the other hand, its seeds are a source of fatty acids that essential to human health. However, the *P. cincinnata* is still an underexplored resource in comparison to other passion fruit species. Thus, in this chapter will be discussed the economic potential of *P. cincinnata* highlighting the phytochemicals production and the potential use of mycorrhizal technology in the species.

**KEYWORDS:** Antioxidant action; flavonoids; phenolics.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o país que apresenta uma

das maiores diversidades de maracujazeiros, considerando a ocorrência de mais de 150 espécies de *Passiflora* (Bernacci *et al.* 2020). Apesar disso, poucas são comercializadas, sendo *Passiflora edulis* Sims responsável por 593.429 toneladas de frutos produzidos em 2020 (IBGE, 2020); dessa maneira, é preciso investigar outras espécies de *Passiflora* que podem ter potencial comercial.

Uma espécie de maracujazeiro que pode ser cultivada nas entressafras de *P. edulis* é o maracujazeiro-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). Essa planta é relevante por apresentar uma variedade direcionada ao cultivo comercial, por sua tolerância a estresses fisiológicos e sua utilização como porta-enxerto (Santos *et al.* 2016; Braga *et al.* 2017; Araújo *et al.* 2019).

A BRS Sertão Forte foi a primeira variedade de *P. cincinnata* registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e utilizada com o objetivo de cultivo comercial (Araújo *et al.* 2019a). Nesse contexto, o Nordeste apresenta a maior ocorrência da espécie, sendo também encontrada nas regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste, em menores proporções (Bernacci *et al.* 2020). Para o seu cultivo, não é recomendado climas frios, com temperaturas abaixo de 15 °C. Nesse sentido, o clima semiárido oferece as melhores condições para o crescimento da espécie (Araújo *et al.* 2019a).

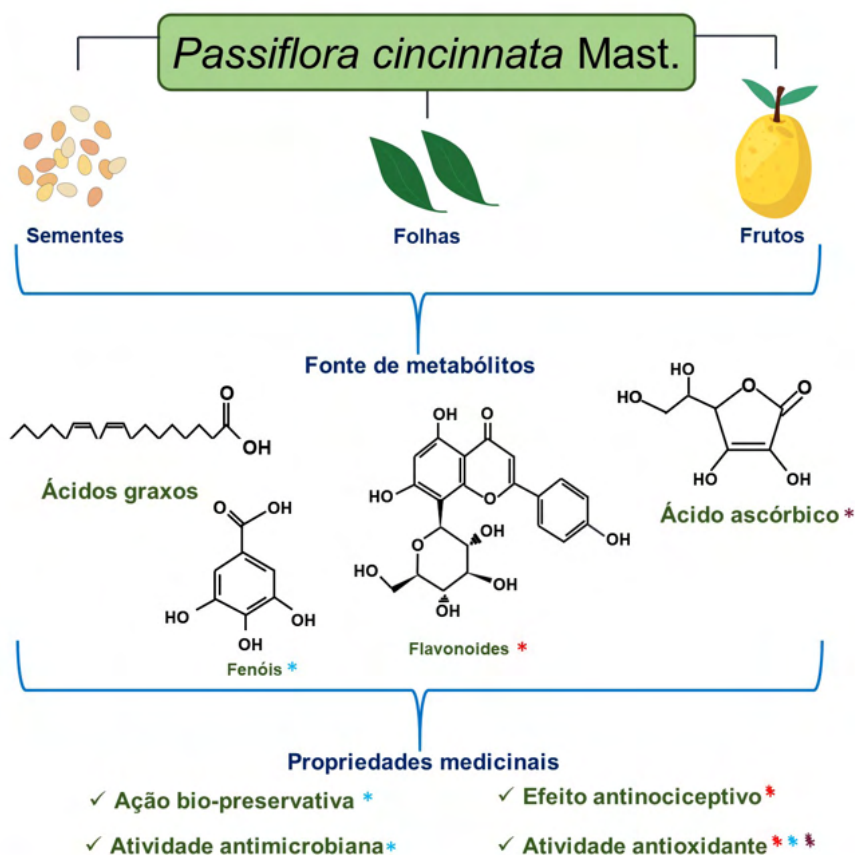
*Passiflora cincinnata* é considerada uma trepadeira do tipo sublenhosa, com folhas membranáceas, de base obtusa, e os lobos podem ser ovaloblongos a oboval-oblongos; o aparato floral, de tamanho que varia de 5,5 cm a 10 cm, apresenta coloração que vai do lilás ao roxo e é de interesse ao mercado de flores exóticas. Seus frutos são bagas que variam de arredondadas a ovóide e as sementes são do tipo obovada com ápices assimétricos (Bernacci *et al.* 2020).

Os frutos de *P. cincinnata* concentram metabólitos que são de interesse ao comércio de frutas exóticas, devido à presença de compostos fenólicos e baixos teores de sódio, em relação a outros maracujazeiros (Souza *et al.* 2020); as folhas e o caule da espécie concentram fenólicos e flavonoides-C-glicosídeos, conferindo elevada atividade antioxidante a esses órgãos (Leal *et al.* 2018).

Por produzir esses metabólitos, a essas folhas são atribuídas ações medicinais de interesse à indústria farmacêutica, uma vez que a redução do efeito nociceptivo e o aumento de respostas para a ação anti-inflamatória (Lavor *et al.* 2018) foram observados em extratos de *P. cincinnata*; além disso, o sinergismo com antibióticos para otimização da atividade antimicrobiana tem sido registrado (Siebra *et al.* 2016). Além do interesse farmacêutico, os tecidos dessa planta são de relevância para a indústria alimentícia, como bio-preservativos, na fabricação de queijos e de bebidas alcoólicas (Costa *et al.* 2020; Santos *et al.* 2021b).

Todas as partes do maracujazeiro-do-mato podem ser aproveitadas, desde suas folhas às sementes. Com isso, neste capítulo será abordado o potencial econômico da *P. cincinnata*, com enfoque na produção de fitoquímicos (Figura 1), além do potencial de

utilização de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na cultura.



Sementes: Lopes *et al.* (2010) e Araújo *et al.* (2019);

Folhas: Wosch *et al.* (2017), Leal *et al.* (2018) e Lavor *et al.* (2018);

Frutos: Wondracek *et al.* (2011a,b), D'abadia *et al.* (2019), Souza *et al.* (2020), Ribeira *et al.* (2020) e Santos *et al.* (2021a).

Figura 1. Sumarização dos grupos de metabólitos vegetais verificados em *Passiflora cincinnata* Mast. e as propriedades medicinais avaliadas para cada parte da planta, abordadas neste capítulo. \*= relação da atividade medicinal com o grupo de compostos. Elementos (Fruto, sementes e folhas) retirados do canva.com.

## 2 | IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DOS ÓRGÃOS DE *PASSIFLORA CINCINNATA*

Pouco é conhecido sobre os compostos presentes e a produção de metabólitos secundários nas folhas de *P. cincinnata*; isso evidencia a importância de mais estudos referentes à biossíntese de biomoléculas nessa Passifloraceae, considerando que outras espécies de maracujazeiro apresentam uma variedade de compostos identificados, com propriedades medicinais atribuídas à presença desses metabólitos (He *et al.* 2020).

Para quantificação ou identificação de compostos foliares no maracujazeiro-do-mato, os artigos relatam o uso de etanol como solução extratora, variando apenas a concentração desse extrator. Diante disso, Wosch *et al.* (2017), ao identificar a presença de flavonoides em *P. cincinnata*, utilizaram solução de etanol (60 %) para extração; por outro lado, Lavor *et al.* (2018) e Leal *et al.* (2018) optaram por soluções mais concentradas (95 %), teor de extrator similar a outros estudos de fitoquímica de folhas de *P. edulis* (Oliveira *et al.* 2019;2020a).

Em estudos fitoquímicos, Wosch *et al.* (2017), por técnicas cromatográficas, identificaram a presença de flavonoides C-glicosídeos, como a vitexina e a isovitexina. Tais flavonoides são os principais metabólitos envolvidos na atividade ansiolítica da espécie (Oliveira *et al.* 2020b). A ação medicinal desses flavonoides ocorre pela modulação do GABA<sub>A</sub>, similar a alguns ansiolíticos alopatícos comerciais (Oliveira *et al.* 2018). Além dessas propriedades, aos flavonoides encontrados em *Passiflora*, são atribuídas atividades anticonvulsivantes e sedativas (Oliveira *et al.* 2020b; Gazola *et al.* 2018).

Adicionalmente, os compostos fenólicos são considerados de ação antioxidante, sendo os mecanismos de neutralização dos radicais livres relacionados à transferência de elétrons ou do próprio hidrogênio (Zeb 2020). Nesse sentido, a atividade antioxidante do extrato vegetal foi avaliada por Leal *et al.* (2018), sendo o caule de *P. cincinnata* responsável pela maior neutralização do radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), ainda que toda a parte aérea tenha sido considerada fonte de fenóis totais.

Nesse contexto, a parte aérea da *P. cincinnata* pode ser utilizada na fabricação de ansiolíticos à base do extrato seco de *Passiflora*. Atualmente, no mercado de fitomedicamentos ansiolíticos, o principal maracujazeiro utilizado é a *Passiflora incarnata* L., seguido pela *Passiflora alata* Curtis (Fonseca *et al.* 2020). Considerando que *P. incarnata*, por exemplo, apresenta distribuição limitada ao Sul, Sudeste e ao Distrito Federal (Bernacci *et al.* 2020), o uso de *P. cincinnata* pode ser uma fonte alternativa de matéria-prima à indústria de fitomedicamentos, sobretudo no Nordeste. Entretanto, é necessária a condução de experimentos para verificar a atividade ansiolítica de *P. cincinnata* e se seus extratos apresentam toxicidade.

Outro ramo farmacêutico que pode se beneficiar com as folhas do maracujazeiro-do-mato é o de analgésicos. Em estudos *in vivo*, Lavor *et al.* (2018) verificaram a redução do efeito nociceptivo pela utilização do extrato da *P. cincinnata*; os mecanismos envolvidos na redução das dores foram relacionados principalmente com receptores opioides, muscarínicos e do óxido nítrico. Além disso, é válido mencionar que essa ação medicinal foi relacionada com a presença de flavonoides no extrato foliar.

Sob o prisma microbiológico, Siebra *et al.* (2016) observaram que extratos foliares de *P. cincinnata* podem ser utilizados, em associação com antibióticos aminoglicosídeos e beta-lactâmicos, contra cepas de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas multirresistentes a antibióticos (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 e *Escherichia coli* ATCC 11105).

Com isso, os antibióticos em associação com o extrato da *P. cincinnata* tiveram o efeito antimicrobiano potencializado.

Dessa forma, a parte área do maracujazeiro-do-mato apresenta potencial inexplorado, devido aos poucos estudos da quantificação de biomoléculas, que são relacionadas às propriedades medicinais de folhas e do caule. Entretanto, mesmo com a literatura escassa, é notória a potencialidade do uso de extratos de *P. cincinnata*, para formulação de fitomedicamentos.

Por outro lado, as sementes da *P. cincinnata* são ricas em ácidos graxos insaturados, com destaque para o ácido linoleico, que apresenta teor médio de 72,29 % (Lopes *et al.* 2010; Araújo *et al.* 2019b), valor superior ao quantificado em sementes da *P. edulis* (Takam *et al.* 2019; Santos *et al.* 2021c), que apresentam cerca de 63,15 % desse ácido graxo; em contrapartida, a média de produção do ácido palmítico (9,75 %) e oleico (13,18 %) é similar ao documentado para *P. edulis* (Takam *et al.* 2019; Santos *et al.* 2021c).

Para a extração e identificação dos ácidos graxos presentes nas sementes da *P. cincinnata*, Lopes *et al.* (2010) utilizaram éter de petróleo. Por outro lado, Araújo *et al.* (2019b) verificaram que os ácidos graxos foram submetidos à saponificação e à metilação, pela utilização da solução de trifluoreto de boro (14 %); tal método de extração também foi utilizado por Santos *et al.* (2021c), em sementes de *P. edulis*, para separação dessas moléculas.

Os ácidos graxos essenciais, como é o caso do ácido linoleico (Omega-6), são de importância para a dieta humana, pela necessidade de ingestão dessas moléculas a partir de fontes alimentares (Saini e Keum 2018). Os valores obtidos, a partir de sementes de *P. cincinnata*, para tal biomolécula, são superiores aos de leguminosas, consideradas fontes de Omega-6, como a soja (Abdelghany *et al.* 2020); portanto, as sementes do maracujazeiro-do-mato podem ser utilizadas como alimento funcional.

Os frutos do maracujazeiro-do-mato, dependendo da cultivar, podem variar em tamanho e na produção de compostos bioativos. Dessa forma, como citado anteriormente, a cultivar BRS Sertão Forte é promissora, principalmente na produção de frutos; esses, segundo Souza *et al.* (2020), além de acumularem metabólitos secundários, são fonte de Potássio e de outros nutrientes, apresentando menores teores de Sódio, o que os tornam mais atrativos aos consumidores. Somado a isso, como observado por Santos *et al.* (2021b), bebidas alcoólicas à base da polpa da *P. cincinnata* foram bem aceitas por consumidores, o que abre a possibilidade do uso dos frutos dessa Passifloraceae nesse ramo.

Para analisar os compostos presentes na polpa dos frutos, a utilização do extrator dependeu do grupo de moléculas-alvo. Por exemplo, Wondracek *et al.* (2012a,b) realizaram a extração de carotenoides em acetona (4 °C). Souza *et al.* (2020), por sua vez, não mencionaram o extrator utilizado para a quantificação de fenólicos e atividade antioxidante, diferente de Santos *et al.* (2021a), os quais utilizaram metanol (50 %) para extração de compostos da polpa do maracujazeiro-do-mato. Além disso, a forma de extração variou

de acordo com o estudo: Ribeiro *et al.* (2020) utilizaram etanol, metanol e hexano, como extratores do óleo da polpa, sendo a extração realizada em banho ultrassônico; por outro lado, Santos *et al.* (2021a) extraíram os compostos por centrifugação, utilizando metanol (50 %).

Nesse sentido, foram publicados menos de dez artigos que quantificaram biomoléculas de importância alimentar e medicinal em *P. cincinnata*, sendo os primeiros divulgados por Wondracek *et al.* (2012a,b), visando estimar a concentração de carotenoides no maracujazeiro-do-mato e em outras espécies de *Passiflora*. Entretanto, apenas em 2019, o estudo da fitoquímica dos frutos da *P. cincinnata* foi retomado por D'abadia *et al.* (2019), os quais analisaram a produção de fenóis totais, de flavonoides e de antocianinas em polpas da *P. cincinnata*.

Dessa forma, os estudos posteriores, além de quantificarem compostos fenólicos e carotenoides no maracujazeiro-do-mato, verificaram a produção da vitamina C (Souza *et al.* 2020; Santos *et al.* 2021a). Tal registro é relevante, considerando que o ácido ascórbico é usado na indústria cosmética para formulação de sérums, devido à ação antienvhecimento (Rattanawiwatpong *et al.* 2020).

Além da produção de metabólitos vegetais, foi analisada a capacidade antioxidante da polpa do maracujazeiro-do-mato, utilizando radicais livres como o ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico), o TPTZ (2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina) e o DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Souza *et al.* 2020; Santos *et al.* 2021a; Ribeiro *et al.* 2021). Adicionalmente, Souza *et al.* (2020) verificaram que alguns dos radicais livres testados foram correlacionados positivamente com a produção de fenólicos. Tais resultados demonstram o papel dos compostos fenólicos na atividade antioxidante da polpa da *P. cincinnata*.

Dessa maneira, os frutos da *P. cincinnata* são de interesse para o mercado de frutas exóticas, por serem fontes de compostos fenólicos, pigmentos e outros compostos que conferem atividade antioxidante à polpa, sendo de relevância na indústria alimentícia, na produção de bebidas e como bio-preservativos (Santos *et al.* 2021b; Costa *et al.* 2020).

### **3 | POTENCIAL DA TECNOLOGIA MICORRÍZICA PARA O MARACUJAZEIRO-DO-MATO**

Ao colonizar o córtex das raízes, os FMA ampliam a área de absorção de nutrientes para além da zona de depleção radicular (Choi *et al.* 2018); tal interação simbiótica entre plantas e FMA pode trazer benefícios, pois há otimização da produtividade vegetal, gerando lucro aos pequenos agricultores (Gao *et al.* 2020; Oliveira *et al.* 2019; 2020a).

Nesse sentido, há mais de duas décadas, são reportados benefícios para espécies de *Passiflora* inoculadas com FMA (Cavalcante *et al.* 2001a,b), nos quais a micorrização potencializou o crescimento vegetal e a tolerância ao estresse hídrico em *P. edulis*. Além de estresses abióticos, a aplicação de FMA selecionados inibiu o desenvolvimento de



fitonematóides em *P. alata* (Anjos *et al.* 2010).

Além das melhorias atribuídas ao cultivo, a micorrização pode maximizar a produção de compostos em *Passiflora*, entretanto, isso é apenas reportado para duas espécies, o maracujazeiro-doce e o azedo. Com isso, Oliveira *et al.* (2015a,b) verificaram que a inoculação com *Gigaspora albida* N. C. Schenck & G. S. Sm aumentou, em folhas de *P. alata*, a produção de vitexina e de orientina, principais flavonoides responsáveis pela ação ansiolítica (Fonseca *et al.* 2020). Adicionalmente, Oliveira *et al.* (2019; 2020a) observaram que a colonização micorrízica, além de favorecer a produção de fenólicos, incrementou a produção de saponinas em *P. edulis*.

Com isso, a aplicação de FMA pode potencializar o crescimento vegetal e melhorar a resposta de maracujazeiros a estresses bióticos e abióticos, o que é atrativo no cultivo comercial de *P. cincinnata*, que ainda não está estabelecido. Além disso, a micorrização pode incrementar a produção de metabólitos foliares importantes na formulação de fitomedicamentos ansiolíticos, considerando que estes podem ocorrer em baixas concentrações na fitomassa do maracujazeiro-do-mato (Leal *et al.* 2018). No entanto, apesar do potencial do emprego dessa tecnologia em *P. cincinnata*, não há estudos definindo o FMA mais eficiente em otimizar o metabolismo secundário nessa espécie.

Para isso, é preciso selecionar FMA eficientes em maximizar a produção de biomoléculas em *Passiflora*. Nos estudos disponíveis, os isolados de *G. albida* e de *Acaulospora longula* Spain & N. C. Schenck destacaram-se no incremento da produção de biomoléculas de interesse farmacêutico em maracujazeiros (Oliveira *et al.* 2015a,b; 2019; 2020a). Dessa forma, é necessário testar essas espécies que geraram benefícios ao crescimento, mesmo que tardios, em outras espécies de *Passiflora* (Cavalcante *et al.* 2002).

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como relatado, todas as partes de *P. cincinnata* acumulam metabólitos secundários, que são de importância em diversos setores econômicos, com destaque para suas folhas. Dessa forma, o maracujazeiro-do-mato pode ser uma fonte de matéria-prima para a produção de fitomedicamentos, considerando as propriedades analgésicas e a produção de flavonoides com ação ansiolítica. Além disso, é de interesse no ramo alimentício, por ser uma fonte de nutrientes e de metabólitos secundários, podendo ser consumido *in natura* ou utilizado em outros alimentos, e como bio-preservativos, devido a sua ação antimicrobiana.

No entanto, para a implementação efetiva de *P. cincinnata* no mercado é necessária a condução de estudos que quantifiquem e identifiquem mais metabólitos vegetais, considerando que poucos foram direcionados à fitoquímica dessa espécie. Além disso, poucos artigos avaliaram propriedades medicinais dos extratos foliares e da polpa da *P. cincinnata*, o que evidencia a necessidade de estudos que investiguem diferentes aplicações

do maracujazeiro-do-mato, como a ação antidepressiva, que é amplamente relacionada ao gênero *Passiflora* (Wang *et al.* 2013), mas ainda não foi relatada nesse maracujazeiro.

Tendo em vista os estudos com outras espécies de maracujá, é importante testar fertilizantes orgânicos e inorgânicos no cultivo (Riter Netto *et al.* 2014; Oliveira *et al.* 2015), além da inoculação de microrganismos benéficos do solo nas plantas, que podem aumentar a produção de biomoléculas. Tais benefícios foram relatados por Oliveira *et al.* (2020a), em folhas de maracujazeiro-azedo inoculado com FMA, microrganismos biotróficos obrigatórios (Brundrett e Tedersoo 2018) que aumentam a produção de metabólitos secundários e a produtividade vegetal (Gao *et al.* 2020; Muniz *et al.* 2021).

## REFERÊNCIAS

ABDELGHANY, A.M. *et al.* Natural variation in fatty acid composition of diverse World Soybean Germplasms Grown in China. **Agronomy**, v. 10, p. 1–24. 2019.

ANJOS, E.C.T. *et al.* Interactions between an arbuscular mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). **Braz Arch Biol Technol**, v. 53, p. 801–809. 2010.

ARAÚJO, F.P. *et al.* **Cultivo de *Passiflora cincinnata* Mast. cv. BRS Sertão Forte**. 1. Ed. Petrolina, PE. EMBRAPA. Abril, 2019a. 12 p.

ARAÚJO, A.J.B. *et al.* Caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast.). **Cad Pesq Cie Inov**, v. 2, p. 14–22. 2019b.

BERNACCI, L.C. *et al.* *Passiflora* in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12506>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

BRAGA, M.F. *et al.* *Passiflora* spp. Maracujá-do-cerrado VIEIRA, R. F. *et al.* (EDS.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, Ministério do Meio Ambiente, 2017. Cap. 5, p. 272–279.

BRUNDRETT, M.C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. **New Phytol**, v. 220, p. 1108–1115. 2018.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Mycorrhizal dependency of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Fruits**, v. 56, p. 317–324. 2001a.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta Bot Bras**, v. 15, p. 379–390. 2001b.

CAVALCANTE, U.M.T. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev Bras Cienc Solo**, v. 26, p. 1099–1106. 2002.

CHOI, J. *et al.* Mechanisms underlying establishment of arbuscular mycorrhizal symbioses. **Annu Rev**

**Phytopathol**, v. 56, p. 135–160. 2018.

COSTA, C.F. *et al.* Potential use of passion fruit (*Passiflora cincinnata*) as a biopreservative in the production of coalho cheese, a traditional Brazilian cheese. **J Dairy Sci**, v. 103, p. 3082–3087. 2020.

D'ABADIA, A.C.A. *et al.* Physical-chemical and chemical characterization of *Passiflora cincinnata* Mast. fruits conducted in vertical shoot positioned trellis and horizontal trellises system. **Rev Bras Frutic**, v. 41, p. e452, 2019.

FONSECA, L.R. *et al.* Herbal medicinal products from *Passiflora* for anxiety: an unexploited potential. **Sci World J**, v. 2020, p. 1–18. 2020.

GAO, W.Q. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) enhanced the growth, yield, fiber quality and phosphorus regulation in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Sci Rep**, v. 10, p. 2084, 2020.

GAZOLA, A.C. *et al.* The sedative activity of flavonoids from *Passiflora quadrangularis* is mediated through the GABAergic pathway. **Biomed Pharmacother**, v. 100, p. 388–393. 2018.

HE, X. *et al.* *Passiflora edulis*: An insight into current researches on phytochemistry and pharmacology. **Front Pharmacol**, v. 11, p. 617. 2020.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal – Culturas temporárias e permanentes**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2020. Acessado em 03 de abril de 2021.

LAVOR, É.M. *et al.* Ethanolic extract of the aerial parts of *Passiflora cincinnata* Mast. (Passifloraceae) reduces nociceptive and inflammatory events in mice. **Phytomedicine**, v. 47, p. 58–68. 2018.

LEAL, A.E.B.P. *et al.* Determination of phenolic compounds, *in vitro* antioxidant activity and characterization of secondary metabolites in different parts of *Passiflora cincinnata* by HPLC-DAD-MS/MS analysis. **Nat Prod Res**, v. 34, p. 995–1001. 2020.

LOPES, R.M. *et al.* Estudo comparativo do perfil de ácidos graxos em semente de *Passifloras* nativas do cerrado brasileiro. **Rev Bras Frutic**, v. 32, p. 498–506. 2010.

MUNIZ, B.C. *et al.* *Acaulospora longula* Spain & N.C. Schenck: A low-cost bioinsumption to optimize phenolics and saponins production in *Passiflora alata* Curtis. **Ind Crops Prod**, v. 167, p. 113498. 2021.

NOVAIS JÚNIOR, M.M. *et al.* Desenvolvimento de geleia de maracujá do mato (*Passiflora Cincinnata*): caracterização microbiológica, física, química e estudo da estabilidade. **Braz J Dev**, v. 6, p. 43403–43414, 2020.

OLIVEIRA, M.S. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost maximize the production of foliar biomolecules in *Passiflora alata* Curtis. seedlings. **J Sci Food Agr**, v. 95, p. 522–528. 2015a.

OLIVEIRA, M.S. *et al.* Vermicompost and arbuscular mycorrhizal fungi: An alternative to increase foliar orientin and vitexin-2-O-ramnoside synthesis in *Passiflora alata* Curtis seedlings. **Ind Crops Prod**, v. 77, p. 754–757. 2015b.

OLIVEIRA, D.R. *et al.* Flavones-bound in benzodiazepine site on GABA A receptor: Concomitant

anxiolytic-like and cognitive-enhancing effects produced by Isovitexin and 6-C-glycoside-Diosmetin. **Eur J Pharmacol**, v. 831, p. 77–86. 2018.

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 Agr**, v. 99, p. 3716–3720. 2019.

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. 2020a.

OLIVEIRA, D.D. *et al.* Vitexin possesses anticonvulsant and anxiolytic-like effects in murine animal models. **Front Pharmacol**, v. 11, p. 1181. 2020b.

RATTANAWIWATPONG, P. *et al.* Anti-aging and brightening effects of a topical treatment containing vitamin C, vitamin E, and raspberry leaf cell culture extract: A split-face, randomized controlled trial. **J Cosmet Dermatol**, v. 19, p. 671–676. 2020.

RIBEIRO, D.N. *et al.* Extraction of passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.) pulp oil using pressurized ethanol and ultrasound: Antioxidant activity and kinetics. **J Supercrit Fluid**, v. 165, p. 104944. 2020.

RITER NETTO, A.F. *et al.* Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e no crescimento de *Passiflora alata* Curtis. **Rev Bra PI Med**, v. 16, p. 1–9. 2014.

SAINI, R.K.; KEUM, Y.S. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance - A review. **Life Sci**, v. 203, p. 255–267. 2018.

SANTOS, C.H.B. *et al.* Porta-enxertos e fixadores de enxerto para enxertia hipocotiledonar de maracujazeiro azedo. **Ciênc Rural**, v. 46, p. 30–35. 2016.

SANTOS, T.B. *et al.* Phytochemical compounds and antioxidant activity of the pulp of two brazilian passion fruit species: *Passiflora cincinnata* Mast. and *Passiflora edulis* Sims. **Int J Fruit Sci**, v. 21, n. 1, p. 255–269. 2021a.

SANTOS, R.T.S. *et al.* Physicochemical characterization, bioactive compounds, in vitro antioxidant activity, sensory profile and consumer acceptability of fermented alcoholic beverage obtained from Caatinga passion fruit (*Passiflora cincinnata* Mast.). **LWT**, p. 111714. 2021b.

SANTOS, O.V. *et al.* Utilization of agroindustrial residue from passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds as a source of fatty acids and bioactive substances. **Food Sci Technol**, v. 41, p. 218–225. 2021c.

SIEBRA, A.L.A. *et al.* Potentiation of antibiotic activity by *Passiflora cincinnata* Mast. front of strains *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. **Saudi J Biol Sci**, v. 25, p. 37–43. 2018.

SOUZA, G.S. *et al.* Physicochemical quality, bioactive compounds and *in vitro* antioxidant activity of a new variety of passion fruit cv. BRS Sertão Forte (*Passiflora cincinnata* Mast.) from Brazilian Semiarid region. **Sci Hort**, v. 272, p. 109595. 2020.

TAKAM, P.N. *et al.* *Passiflora edulis* seed oil from west Cameroon: Chemical characterization and assessment of its hypolipidemic effect in high-fat diet-induced rats. **Food Sci Nutr**, v. 7, p. 3751–3758. 2019.

WANG, C. *et al.* Cycloartane triterpenoid saponins from water soluble of *Passiflora edulis* Sims and their antidepressant-like effects. **J Ethnopharmacol**, v. 148, p. 812–817. 2013.

WONDRACEK, D.C. *et al.* Influência da saponificação na determinação de carotenoides em maracujás do cerrado. **Quím Nova**, v. 35, p. 180–184, 2012a.




WONDRACEK, D.C. *et al.* Composição de carotenoides em *Passifloras* do cerrado. **Rev Bras Frutic**, v. 33, p. 1222–1228 2012b.

WOSCH, L. *et al.* Comparative study of *Passiflora* taxa leaves: II. A chromatographic profile. **Rev Bras Farmacogn**, v. 27, p. 40–49. 2017.

ZEB, A. Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. **J Food Biochem**, v. 44, p. 13394. 2020.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**FÁBIO SÉRGIO BARBOSA DA SILVA** - é Bacharel em Ciências Biológicas (Universidade Federal de Pernambuco - UFPE), com Doutorado em Biologia de Fungos (UFPE), Pós-Doutorado em Microbiologia Aplicada (UFPE) e Livre-Docente pela Universidade de Pernambuco (UPE). É Professor Associado da UPE, atuando como docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada - níveis mestrado e doutorado - e no Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas (Instituto de Ciências Biológicas – ICB/UPE). Membro da Câmara de Pós-Graduação, Pesquisa e Inovação da UPE, desde 2011. Coordenador do Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas (LAPEM/UPE), desde 2014 e Líder do Grupo de Pesquisa em Fungos de Importância Biotecnológica, desde 2008. Editor Associado Convidado da *Frontiers in Plant Science* e revisor de periódicos e de livros de editoras internacionais e nacionais. Dentre outras funções, atuou na UPE como: 1) Vice-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada - UPE, 2) Coordenador Setorial de Pós-Graduação e Pesquisa do Instituto de Ciências Biológicas e do *Campus* Petrolina, 3) Membro da Comissão Central de Dedicção Exclusiva da Reitoria e 4) Coordenador do Laboratório de Enzimologia e Fitoquímica Aplicada à Micologia - LEFAM/UPE (2008-2014). Coordenou projetos financiados pelo CNPq (Universal) e FACEPE e participou da equipe de projetos em rede (CT-AGRO, FINEP e Pró-Equipamentos/CAPES). Participa da Rede PASSITEC - Desenvolvimento Tecnológico para Uso Funcional das Passifloras Silvestres. Tem experiência nas áreas de Botânica e Micologia Aplicadas, atuando principalmente nos seguintes temas: fungos micorrízicos arbusculares, eficiência micorrízica, fitoquímica de plantas micorrizadas e Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG).

 [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)



Potencial da Tecnologia Micorrízica

em **Maracujazeiros**



🌐 [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)



Potencial da Tecnologia Micorrízica

em **Maracujazeiros**

