

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
Prof^o Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^o Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^o Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^o Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^o Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^o Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^o Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^o Dr^a 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
Prof^o Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^o Dr^a Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^o Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Prof^o Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^o Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Prof^o Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^o Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^o Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^a 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
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

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 $\mu\text{g g}^{-1}$ 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.

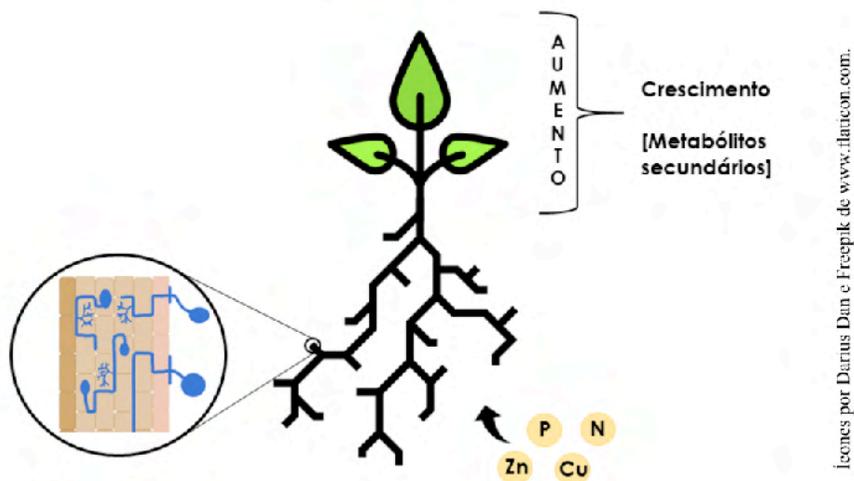


Figura 1. Esquema de uma muda de *Passiflora alata* Curtis com raízes colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares e a sumarização de alguns benefícios da micorrização (Anjos *et al.* 2005; Muniz *et al.* 2021). Esta figura foi desenvolvida utilizando recursos de Flaticon.com.

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 de 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).

Benefício da micorrização	Referência
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>. 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.

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Potencial da Tecnologia Micorrízica

em **Maracujazeiros**



🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Potencial da Tecnologia Micorrízica

em **Maracujazeiros**

