

Atena
Editora
Ano 2021

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

Tópicos Integrados em Botânica

Jesus Rodrigues Lemos
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021



Tópicos Integrados em Botânica

Jesus Rodrigues Lemos
(Organizador)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof^a 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^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

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

Prof^a 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^a 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 Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

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

Prof^a 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^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^a 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^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

Jesus Rodrigues Lemos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

Jesieli Beraldo-Borrazzo

Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm

Grisiely Yara Ströher Neves

DOI 10.22533/at.ed.9352106011

CAPÍTULO 2..... 11

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

Carlos Augusto Martínez Mamián

Sandra Lorena Lopez Quintero

Ximena Andrea Ruiz Erazo

DOI 10.22533/at.ed.9352106012

CAPÍTULO 3..... 22

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

Fábio Sérgio Barbosa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.9352106013

CAPÍTULO 4..... 32

TANINOS: UMA REVISÃO

Aline de Jesus Lustosa Nogueira

Ana Paula Muniz Serejo

Andressa Almeida Santana Dias

Denise Fernandes Coutinho

DOI 10.22533/at.ed.9352106014

CAPÍTULO 5..... 45

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

Claudio Roberto Oliveira Gomes

Maria Francilene Souza Silva

Marleide de Sousa Chaves Rêgo

Maria de Fátima de Oliveira Pires

Ivanilza Moreira de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.9352106015

CAPÍTULO 6..... 59

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

Jéssica Araujo

Hermeson Cassiano de Oliveira

Maria Helena Alves

DOI 10.22533/at.ed.9352106016

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

CAPÍTULO 1

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

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 16/11/2020.

Jesieli Beraldo-Borrazzo

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Biotecnologia, Genética e
Biologia Celular, Maringá-PR.
CV: <http://lattes.cnpq.br/5022659591209605>

Franciele Mara Lucca Zanardo Böhm

Universidade Estadual do Paraná, Centro de
Ciências Humanas e da Educação, Colegiado
de Ciências Biológicas, Paranavaí-PR.
CV: <http://lattes.cnpq.br/3657748885493762>

Grisiely Yara Ströher Neves

Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e
Letras de Mandaguari, Mandaguari-PR
CV: <http://lattes.cnpq.br/6702563600335741>

RESUMO: As plantas possuem a capacidade de sintetizar substâncias químicas que interferem no crescimento e no desenvolvimento de plantas vizinhas. A partir de um fenômeno ecológico chamado de alelopatia, as plantas por meio de compostos aleloquímicos exercem influência umas sobre as outras, quando ocupam um mesmo ecossistema. *Carica papaya* é reconhecido por influenciar o crescimento de plantas adjacentes. Sementes de *C. papaya* apresentam altas quantidades de isotiocianato de benzila (BITC), um composto químico pertencente ao grupo dos glucosinolatos, os quais, possuem potencial alelopático por estarem envolvidos em processos de defesa, aumentando a habilidade competitiva

das plantas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial alelopático de sementes de *C. papaya*, sobre a germinação e crescimento de plantas de soja (*Glycine max*) e alpiste (*Phalaris canariensis*). Para avaliar a germinação das sementes de soja e alpiste submetidas ao agente aleloquímico, dois sistemas experimentais foram criados sob a condição experimental de presença e ausência luz. Parâmetros biométricos como tamanho total e peso da massa fresca total das plantas também foram analisados para avaliar o desenvolvimento vegetal. Os resultados foram expressos em porcentagem de germinação das sementes, seguido das médias em centímetros para o tamanho total das plantas e a massa fresca total foi determinado em gramas. Os resultados apontaram que as plantas de soja e alpiste, tiveram menor taxa de germinação na presença do agente aleloquímico, 35% e 20%, respectivamente. Mesmo nas condições experimentais distintas, o efeito alelopático das sementes de mamão sobre as plantas de soja e alpiste, pode ser observado através da inibição significativa do processo de germinação, quando comparadas ao controle. Redução de biomassa e crescimento também foram observados. Portanto, o conhecimento de cultivares com potencial alelopático, desempenha um importante papel no manejo agrícola, florestal e na horticultura, como também, para seu uso como bioherbicidas em agroecossistemas.

PALAVRAS - CHAVE: Compostos alelopáticos. Isotiocianato de benzila. *Carica papaya*. Alelopatia.

THE POTENTIAL OF *CARICA PAPAYA* L. AS AN ALLELOCHEMICAL AGENT ON THE GERMINATION AND GROWTH OF *GLYCINE MAX* AND *PHALARIS CANARIENSIS*

ABSTRACT: Plants have the ability to synthesize chemical substances that interfere with the growth and development of other neighboring plants. Due to an ecological phenomenon named allelopathy, through allelochemical compounds, plants influence each other when they share the same ecosystem. *Carica papaya* is recognized for influencing the growth of adjacent plants. *C. papaya* seeds present large amounts of benzyl isothiocyanate (BITC), a chemical compound that belongs to the glucosinolates group, which have an allelopathic potential, for they are involved in defense processes, increasing the competitive ability of plants. Thus, the aim of this study was evaluating the allelopathic potential of *C. papaya* seeds on the germination and growth of soybean plants (*Glycine max*) and birdseed (*Phalaris canariensis*). In order to evaluate the germination of soybean seeds and birdseed submitted to the allelochemical agent, two experimental systems were devised under the experimental condition of presence and absence of light. Biometric parameters, such as total size and total fresh weight of the plants, were also analyzed to evaluate the plants development. The results were expressed as percentage of seeds germination, followed by the averages in centimeters for the total size of the plants. Fresh weight, in its turn, was determined in grams. The results show that soybean and birdseed plants had a lower germination rate in the presence of the allelochemical agent, 35% and 20%, respectively. Even in different experimental conditions, the allelopathic effect of the papaya seeds on the soybean and birdseed plants can be noticed through the significant inhibition of the germination process when compared to the control. It was also possible to notice a reduction of biomass and growth. In light of the foregoing, the knowledge of cultivars with an allelopathic potential plays an important role in agricultural and forest management, and also in horticulture, as well as for their use as bioherbicides in agroecosystems.

KEYWORDS: Allelopathic compounds. Benzyl isothiocyanate. *Carica papaya*. Allelopathy.

1 | INTRODUÇÃO

As plantas possuem a capacidade de interferir sobre o desenvolvimento vegetal de outras espécies, por meio de interações de efeito negativo chamadas de alelopáticas (RICE, 1984). A alelopatia foi definida por Hans Molisch em 1937, como um fenômeno ecológico adverso, no qual as plantas exercem umas sobre as outras, quando ocupam um mesmo ecossistema. Este fenômeno permite uma adaptação defensiva à planta, reduzindo ou eliminando a capacidade competitiva de uma planta alvo, através de interferência sobre sua germinação, crescimento e desenvolvimento, a partir da produção de agentes aleloquímicos (SCHANDRY, BECKER, 2020).

Mediante a liberação de compostos químicos tóxicos, provenientes do seu metabolismo secundário, determinados espécimes vegetais são capazes de impedir o estabelecimento de uma planta vizinha (WEIR et al., 2004). Os compostos químicos produzidos pelas plantas, também chamados de aleloquímicos, consistem em vários grupos

químicos, sendo classificados em cinco categorias principais: terpenóides, alcaloides, fenilpropanoides, esteroides e acetogeninas (SCAVO et al., 2018).

Os aleloquímicos agem diretamente sobre a divisão celular, desenvolvimento vegetal induzido por hormônios, permeabilidade das membranas, absorção mineral, abertura estomática, fotossíntese ou respiração celular, síntese de proteínas e ácidos nucleicos, metabolismo de lipídios, atividade enzimática e balanço hídrico da planta (JABRAN, 2017a). Além disso, os compostos aleloquímicos possuem efeito sinérgico entre si, apresentando assim, diversos mecanismos de ação sobre as funções fisiológicas da planta (EINHELLIG, 1995).

Carica papaya é uma planta membro da família Caricaceae, que possui grande importância econômica devido sua produção de frutos (mamão), principalmente em países localizados em regiões tropicais e subtropicais (CHÁVEZ-PESQUEIRA; NÚÑEZ-FARFÁN, 2017). Além de sua importância agroeconômica, o mamoeiro é reconhecido por suas propriedades etnomedicinais, atribuídas principalmente pela presença de compostos fenólicos na planta (ARAVIND et al., 2013; CANINI et al., 2007). Adicionalmente, *C. papaya* é conhecido por influenciar o crescimento de plantas vizinhas, devido a liberação de alelocompostos como flavonóides, glicosídeos, alcaloides e taninos (CHRISTOBEL et al., 2017). Sementes de *C. papaya* apresentam altas quantidades de isotiocianato de benzila (BITC) (CASTRO et al., 2008; NAKAMURA et al., 2007), composto químico que atua como inibidor de germinação e crescimento vegetal, além de apresentar atividade fungicida e nematicida (WOLF et al., 1984; HE et al., 2017; KERMANSHAI et al., 2001, ZHANG; CHEN, 2017).

Neste contexto, a influência alelopática de determinadas espécies de plantas, podem impactar sobre o manejo agrícola, florestal e na horticultura (SCAVO et al., 2018). As áreas destinadas a práticas agrícolas, podem sofrer impacto significativo sobre os cultivos que serão instalados, devido o modelo de sucessão da cultura ser condicionado pelos compostos alelopáticos liberados no ambiente pela ocupação vegetal previa (TREZZI et al., 2016). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial alelopático de sementes de *C. papaya*, sobre a germinação e crescimento de plantas de *Glycine max* e *Phalaris canariensis*.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de soja e alpiste obtidas comercialmente foram submetidas ao processo de desinfecção superficial com álcool 70% (1 min), hipoclorito de sódio 2% (2 min), álcool 70% (30 seg) seguida de três lavagens com água destilada autoclavada. Em seguida, as sementes foram colocadas em frascos contendo 90 g de solo autoclavado (120 °C por 1 h). O experimento foi realizado com vinte repetições para cada planta avaliada. Cada frasco continha uma semente da planta alvo (soja e alpiste), acrescidas de 04 sementes

do agente aleloquímico (sementes de mamão), distribuídas em pontos equidistantes do frasco. Frascos com apenas as sementes das plantas alvos, sem a presença do agente aleloquímico, formaram o grupo controle.

O teste foi realizado submetendo o período de germinação das plântulas sob duas condições experimentais: germinação com a presença de luz (fotoperíodo: 12 horas de claro e 12h de escuro); germinação com a ausência de luz (fotoperíodo: 24 h de escuro). A incubação foi realizada a 25 °C por 21 dias. Após esse período, analisou-se os parâmetros biométricos como tamanho total e peso da massa fresca total das plantas. Os resultados foram expressos em centímetros seguidos do erro padrão para as medições do tamanho total da planta e a determinação da massa fresca total foi feita em gramas. A porcentagem de germinação foi calculada para os dois sistemas experimentais analisados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O bioensaio para avaliar a germinação das plantas na presença de luz, mostrou que a porcentagem obtida foi de 95% para as plantas de soja sem o agente aleloquímico (grupo controle) e de 80% para as plantas de alpiste. Contudo, sob a mesma condição experimental as plantas de soja e alpiste, quando submetidas a presença do agente aleloquímico, alcançaram porcentagem de germinação de apenas 35% e 20%, respectivamente (Figura 1).



Figura 1: Bioensaio da germinação de sementes de soja (*Glycine max*) e alpiste (*Phalaris canariensis*), na presença do agente aleloquímico (*Carica papaya*), submetidas a condição experimental com presença de luz.

Foram aplicados os mesmos procedimentos do sistema experimental relatado anteriormente, porém submetendo o período de germinação das plantas ao escuro. A porcentagem de germinação das plantas de soja e alpiste foi de 85% e 75% para os grupos controle, respectivamente. O bioensaio realizado na ausência de luz, revelou que a

porcentagem de germinação para as plantas de soja na presença do agente aleloquímico foi de 20% e para as plantas de alpiste de apenas 10% (Figura 2).

A emergência da plântula e seu crescimento são as fases mais sensíveis na ontogênese do organismo vegetal (NG et al., 2003). Mesmo nas condições experimentais distintas de presença e ausência de luz, o efeito alelopático das sementes de *C. papaya* sobre as plantas de soja e alpiste, pode ser observado através da inibição significativa do processo de germinação, quando comparadas ao controle.

Durante o período de acompanhamento da germinação e crescimento das plântulas, observou-se que além do agente aleloquímico interferir no processo de germinação, também afetou o desenvolvimento das plântulas, pois estas em sua presença tornavam-se mais frágeis e morriam precocemente. Segundo Reigosa et al. (1999), compostos aleloquímicos agem geralmente sobre as funções fisiológicas durante o processo de germinação das plantas, impedindo o seu progresso de crescimento.



Figura 2: Bioensaio da germinação de sementes de soja (*Glycine max*) e alpiste (*Phalaris canariensis*), na presença do agente aleloquímico (*Carica papaya*), submetidas a condição experimental com ausência de luz.

De acordo com a Tabela 1, houve diferença nas médias para as características de comprimento total e de massa fresca total das plantas de soja e alpiste, quando tratadas com sementes de *C. papaya*. Observou-se que as plantas tratadas, apresentaram menor número de folhas, área foliar, altura e profundidade do sistema radicular, evidenciado pela redução das médias em gramas da massa fresca total.

Estes resultados indicam que o potencial osmótico das plantas foi afetado, impactando negativamente sobre as condições fisiológicas das plantas submetidas ao tratamento com o agente aleloquímico. Houve maior influência sobre os parâmetros biométricos avaliados para a condição experimental com ausência de luz.

	Tratamentos	Parâmetros Biométricos	
		Médias Comprimento Total (cm)	Médias Massa Fresca Total (g)
Germinação com Presença de Luz	Soja sem agente aleloquímico (Grupo controle)	58,30 ± 5,33	12,49 ± 2,15
	Soja com agente aleloquímico	28,41 ± 3,91	9,86 ± 0,569
	Alpiste sem agente aleloquímico (Grupo controle)	29,75 ± 0,323	7,27 ± 1,99
	Alpiste com agente aleloquímico	19,30 ± 0,663	4,18 ± 0,341
Germinação com Ausência de Luz	Soja sem agente aleloquímico (Grupo controle)	41,56 ± 2,05	9,12 ± 1,25
	Soja com agente aleloquímico	23,70 ± 1,23	7,74 ± 2,01
	Alpiste sem agente aleloquímico (Grupo controle)	19,00 ± 0,74	3,88 ± 0,289
	Alpiste com agente aleloquímico	15,43 ± 0,80	0,919 ± 0,143

Tabela 1. Parâmetros biométricos analisados, relacionados ao crescimento vegetativo das plantas de soja e alpiste.

De acordo com Anwar et al. (2019a), *C. papaya* apresentou efeito alelopático sobre a germinação de *Phalaris minor*, *Avena fatua*, *Chenopodium album*, *Euphorbia helioscopia* e *Rumex dentatus*, todas consideradas ervas daninhas de plantas de trigo. Resultados similares apresentados por Anwar et al. (2020b), relata que o crescimento de *Avena fatua* L., foi inibido em 80% quando tratada com extratos de *C. papaya*, além de reduzir o comprimento da radícula e plúmula, afetando o desenvolvimento da planta.

C. papaya é conhecido por influenciar o crescimento de plantas adjacentes, pela liberação de aleloquímicos durante a decomposição de sua serapilheira (CHRISTOBEL et al., 2017). Conforme Hall (2018), um espectro fitoquímico realizado com sementes de *C. papaya*, identificou que o isotiocianato de benzila é o principal composto químico encontrado compondo o extrato. O BITC é um glicosídeo pertencente ao grupo dos glucosinolatos. Este metabólito secundário, é classificado de acordo com o aminoácido precursor da sua cadeia lateral (R) e pelos tipos de modificações sofridas por esse grupo, os quais, dão origem a produtos voláteis, quimicamente reativos e com diversas atividades biológicas, como isotiocianatos, oxazolidina-2-tionas, epitionitrilas, nitrilas e tiocianatos (AGERBIRK; OLSEN, 2012).

De acordo com Müller (2009), a produção de glucosinolatos e seus produtos de hidrólise, estão envolvidos em processos de defesa das plantas, aumentando seu potencial e sucesso de invasão. Este sistema de defesa em particular, está envolvido especificamente na interferência planta-planta, sendo atribuído aos glucosinolatos papel alelopático, que aumentam a habilidade competitiva das plantas.

Isotiocianatos (ITC) derivados de glucosinolato inibem o crescimento de *Arabidopsis*

thaliana. O tratamento com o alil isotiocianato alifático (alil-ITC), levou a uma redução significativa do comprimento da raiz e do peso fresco de maneira dose dependente, e afetou a formação de raízes laterais (URBANCSOK et al., 2017). Resultados similares são apresentados por Anderson et al. (2015), Asberg et al. (2015) e Overby et al. (2015), onde a aplicação de ITCs sobre *Arabidopsis thaliana*, apresentaram efeitos fitotóxicos como redução do crescimento e clorose, além de desencadear o fechamento dos estômatos e afetar o ciclo celular provocando morte celular. Derivados de isotiocianato também são capazes de inibir a germinação de sementes de *Panicum texanum*, *Digitaria sanguinalis* e *Senna obtusifolia* (NORSWORTHY; MEEHAN, 2005). Wolf et al. (1984), relatou que BITC extraído de sementes de *C. papaya* afetou a germinação de *Abutilon theophrasti* (erva daninha de plantas de milho e soja), como também provocou a morte das plântulas após 2 dias da germinação.

Altas concentrações de glucosinolato e compostos fenólicos são encontrados em plantas da família Brassicaceae como *Brassica* spp., *Sinapis alba* L. e *Raphanus sativus* L., as quais, expressam importante atividade alelopática sobre diversas ervas daninhas e também sobre outras culturas, como a soja (JABRAN, 2017b; HADDADCHI; GERIVANI, 2012; NIAKAN; MAZANDRANI, 2009). Segundo Golisz et al. (2007), propriedades aleopáticas de *C. papaya*, também se devem a substâncias de natureza fenólicas presentes na planta.

O mamão está entre as frutas mais cultivadas e consumidas de regiões tropicais e subtropicais do mundo. Países da América tropical como México e Brasil, do continente Asiático como Índia e Indonésia e do continente Africano como Nigéria, estão entre os maiores produtores do fruto. O Brasil destaca-se como um dos principais países produtores de mamão, alcançando a segunda posição mundial em volume de produção em 2017, produzindo 1,4 toneladas (DOS SANTOS VIEIRA et al., 2020). Portanto, diante de suas características alelopáticas, a introdução de *C. papaya* em sistemas consorciados de plantio, deve seguir um manejo adequado em relação aos seus efeitos supressivos sobre outras culturas de importância agrônômica. O conhecimento de cultivares com potencial alelopático, desempenha um importante papel para os agroecossistemas, garantindo a produtividade e diversidade por rotação de culturas agrícolas, além de contribuir para a sustentabilidade dos agroecossistemas (ASLAM et al., 2017).

4 | CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que sementes de *C. papaya*, possui efeito alelopático sobre a germinação e crescimento das plantas de *Glycine max* e *Phalaris canariensis*. Os resultados mostraram que na presença de sementes de *C. papaya*, houve uma diminuição no número de plantas, no comprimento total e no peso da massa fresca total de ambas as espécies estudadas, independentemente das condições experimentais estabelecidas. Os

efeitos observados foram mais pronunciados em *Phalaris canariensis*, indicando maior suscetibilidade desta espécie ao tratamento com as sementes de *C. papaya*.

A alelopatia é um importante mediador da dinâmica populacional dos ecossistemas, determinando tanto em sistemas naturais e cultivados, o padrão e a densidade da vegetação. O conhecimento e a exploração dos agentes aleloquímicos das plantas, torna-se uma importante ferramenta a agricultura moderna, pois é possível alcançar a proteção e o aumento da produção de culturas alimentares, através do manejo de espécies de plantas de natureza alelopática. Além disso, o uso dos aleloquímicos como bioherbicidas, proporciona o desenvolvimento de estratégias ambientalmente sustentáveis a agricultura.

REFERÊNCIAS

AGERBIRK, N.; OLSEN, C.E. Glucosinolate structures in evolution. **Phytochemistry**, v.77: p.16–45, 2012.

ANDERSSON, M.X. et al. Involvement of the electrophilic isothiocyanate sulforaphane in Arabidopsis local defense responses. **Plant Physiology**, v.167: p.251–261, 2015.

ANWAR, T. et al. Allelopathic potential of *Carica papaya* against selected weeds of wheat crop. **Pakistan Journal of Botany**, v.51: p. 1-37, 2019a.

ANWAR, T. et al. Evaluation of bioherbicidal potential of *Carica papaya* leaves. **Brazilian Journal of Biology**, v.80: p.565-573, 2019b.

ARAVIND, G. et al. Traditional and medicinal uses of *Carica papaya*. **Journal of Medicinal Plants Studies**, v.1: p.7–15, 2013.

ÅSBERG, S.E. et al. Allyl isothiocyanate affects the cell cycle of *Arabidopsis thaliana*. **Frontiers in Plant Science**, v.6: 364, 2015.

ASLAM, F. et al. Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. **Chemoecology**, v. 27: p.1-24, 2017.

CASTRO, I.M. et al. Determination of benzyl isothiocyanate in *Carica papaya* using gas chromatography with selectives detectors. **Química Nova**, v.31: p.1953-1959, 2008.

CANINI, A. et al. Gas Chromatography-Mass Spectrometry analysis of phenolic compounds from *Carica papaya* L. leaf. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20: p.584-590, 2007.

CHÁVEZ-PESQUEIRA, M.; NÚÑEZ-FARFÁN, J. Domestication and genetics of papaya: a review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v.5: 155, 2017.

CHRISTOBEL, G.J.R., et al. Allelopathic potential of *Carica papaya* leaf extract on growth and biochemical constituents of *Phaseolus aureus*. **International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research**, v.4: p.2555-2560, 2017.

DOS SANTOS VIERIA, W.A. et al. *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose on papaya fruit (*Carica papaya*) in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v.15: p.1-3, 2020.

EINHELLIG, F.A. Allelopathy: Current status and future goals. In: INDERJIT.; DAKSHINI, K.M.M.; EINHELLIG, F.A. **Allelopathy: organisms, processes and applications**. Washington-DC: American Chemical Society, 1995, p.1-24.

GOLISZ, A. et al. Specific and total activities of the allelochemicals identified in buckwheat. **Weed Biology and Management**, v.7: p. 164-171, 2007.

HALL, R.M. **Recuperação de extratos ricos em compostos bioativos da semente de mamão (*Carica papaya* L.) por extração supercrítica e por líquido pressurizado**. 2018. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

HADDADCHI, G.; GERIVANI, Z. Effects of phenolic extracts of canola (*Brassica napuse* L.) on germination and physiological responses of soybean (*Glycin max* L.) seedlings. **International Journal of Plant Production**, v.3: p.63–74, 2012.

HE, X., et al. Chemical composition and antifungal activity of *Carica papaya* Linn. seed essential oil against *Candida* spp. **Letters in applied microbiology**, v.64: p.350-354, 2017.

JABRAN, K. Brassicaceae allelopathy for weed control. In: JABRAN, K. **Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control**. Switzerland: Springer, Cham, 2017b, p. 21-27.

JABRAN, K. Allelopathy: Introduction and Concepts. In: JABRAN, K. **Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control**. Switzerland: Springer, Cham, 2017a, p. 1-12.

KERMANSALAI, R. et al. Benzyl isothiocyanate is the chief or sole anthelmintic in papaya seed extracts. **Phytochemistry**, v.57: p.427-435, 2001.

MOLISCH, H. **The influence of one plant on another**. German: Jena Verlag Gustav Fischer. 1937.

MÜLLER, C. Role of glucosinolates in plant invasiveness. **Phytochemistry Reviews**, v. 8: p. 227-242, 2009.

NAKAMURA, Y. et al. Papaya seed represents a rich source of biologically active isothiocyanate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55: p.4407-4413, 2007.

NG, P.L.L. et al. Canola (*Brassica napus* L.) seed germination influenced by cinnamic and benzoic acids and derivatives: effects on peroxidase. **Seed science and technology**, v.31: p.39-46, 2003.

NIAKAN, M.; MAZANDRANI, N. Allelopathic effects of ascorbic acid and canola on germination and antioxidant enzyme activity in soybean seedlings. **Allelopathy Journal**, v.24: p.283–290, 2009.

NORSWORTHY, J.K.; MEEHAN, J.T. Herbicidal activity of eight isothiocyanates on Texas panicum (*Panicum texanum*), large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*), and sicklepod (*Senna obtusifolia*). **Weed Science**, v.53: p.515–520, 2005.

OVERBY, A. et al. Allyl isothiocyanate depletes glutathione and upregulates expression of glutathione S-transferases in *Arabidopsis thaliana*. **Frontiers in Plant Science**, v.6: 277, 2015.

REIGOSA, M.J. et al. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.18: p.577-608, 1999.

RICE, E.L. **Allelopathy**. Orlando: Academic Press. 1984.

SCAVO, A. et al. Allelopathy: principles and basic aspects for agroecosystem control. In: GABA, S.; SMITH, B.; LICHTFOUSE, E. **Sustainable Agriculture Reviews**. Switzerland: Springer, Cham, 2018, p. 47-101.

SCHANDRY, N.; BECKER, C. Allelopathic Plants: Models for Studying Plant–Interkingdom Interactions. **Trends in Plant Science**, v.25: p.176-185, 2020.

TREZZI, M. et al. Allelopathy: driving mechanisms governing its activity in agriculture. **Journal of Plant Interactions**, v.11:53-60, 2016.

URBANCSOK, J. et al. Glucosinolate-derived isothiocyanates inhibit *Arabidopsis* growth and the potency depends on their side chain structure. **International journal of molecular sciences**, v.18: p.2372, 2017.

WEIR, T.L. et al. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current Opinion in Plant Biology**, v.7: p.472–479, 2004.

WOLF, R.B. et al. Inhibition of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) germination and growth by Benzyl isothiocyanate, a natural toxicant. **Weed Science**, v.32: p.612-615, 1984.

ZHANG, T.; CHEN, W. The *Candida albicans* inhibitory activity of the extract from papaya (*Carica papaya* L.) seed relates to mitochondria dysfunction. **International Journal of Molecular Sciences**, v.18: p.e1858, 2017.

CAPÍTULO 2

EFFECT OF GIBBERELIC ACID ON THE GERMINATION OF *VACCINIUM MERIDIONALE* SW. SEEDS.

Data de aceite: 04/01/2021

Carlos Augusto Martínez Mamián

Fundación Universitaria de Popayán, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables. Administración de Empresas Agropecuarias. Popayán, Colombia.

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001378453

Sandra Lorena Lopez Quintero

Fundación Universitaria de Popayán, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables. Administración de Empresas Agropecuarias. Popayán, Colombia.

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001494072

Ximena Andrea Ruiz Erazo

Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Doctorado en Ciencias Agrarias y Agroindustriales. Popayán, Colombia

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001459020

ABSTRACT: Andean blueberry *Vaccinium meridionale* Sw. is a species that produces edible fruits of the Ericaceae family, considered promising in the national and international market due to its high nutritional quality and medicinal properties. This species grows spontaneously

in the Colombian Andean region; however, the absence of viable protocols for its propagation and or the lack of knowledge of its agronomic management makes it difficult to introduce this species as a commercial crop. This research work was carried out under controlled conditions of temperature and humidity in the Physics and Chemistry laboratory of the Popayán University Foundation. The behavior of the berry seeds germination from large (> 8.0 mm), medium (6.6 - 7.9 mm) and small (<6.5 mm) fruits has been identified in germination levels with different concentrations of gibberellic acid AG3 (300 ppm, 400 ppm and 500 ppm) through a completely randomized experimental design with three repetitions and an experimental unit of 50 seeds, in a factorial arrangement of 3 x 4. Data were recorded every eight days for a period of 30 days and subjected to an analysis of variance (ANOVA) with an acceptability of 10% error value, and Duncan averages. The germination of the seeds did not show significant statistical differences in any of the treatments; however, the medium fruits yielded a greater number of seeds; the seeds of large fruits showed greater viability; and the concentration of 500 ppm obtained the highest percentage of germination.

KEYWORDS: Ericaceae, gibberellic acid, dormancy, germination, concentration

EFECTO DEL ÁCIDO GIBBERELICO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *VACCINIUM MERIDIONALE* SW

RESUMEN: El agraz *Vaccinium meridionale* Sw. es una especie que produce frutos comestibles de

la familia Ericaceae, considerada promisoría en el mercado nacional e internacional por su alta calidad nutricional y sus propiedades medicinales. Esta especie crece de forma espontánea en la zona alto andina de Colombia; sin embargo, la ausencia de protocolos viables para su propagación y el desconocimiento de su manejo agronómico, dificultan la introducción de esta especie como cultivo comercial. Este trabajo de investigación se realizó bajo condiciones controladas de temperatura y humedad en el laboratorio de Física y Química de la Fundación Universitaria de Popayán; se identificó el comportamiento de la germinación de semillas de agraz procedentes de frutos grandes (> 8,0 mm), medianos (6,6 – 7,9 mm) y pequeños (< 6,5 mm) en medios de germinación con diferentes concentraciones de ácido giberélico AG3 (300 ppm, 400 ppm y 500 ppm) a través de un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y unida experimental de 50 semillas, en un arreglo factorial de 3 x 4. Los datos se registraron cada ocho días durante un periodo de 30 días y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con una aceptabilidad de error del 10% y de promedios según Duncan. La germinación de las semillas no demostró diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos, sin embargo, los frutos medianos arrojaron mayor número de semillas, las semillas de frutos grandes demostraron mayor viabilidad y la concentración de 500 ppm obtuvo el más alto porcentaje de germinación.

PALABRAS CLAVE: Ericaceae, ácido-giberélico, latencia, germinación, concentración

EFEITO DO ÁCIDO GIBBERÉLICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *VACCINIUM MERIDIONALE* SW.

RESUMO: O agraz *Vaccinium meridionale* Sw. é uma espécie produtora de frutos comestíveis da família *Ericaceae*, considerada promissora no mercado nacional e internacional por sua alta qualidade nutricional e propriedades medicinais. Esta espécie cresce espontaneamente na zona alta andina da Colômbia; porém, a ausência de protocolos viáveis para sua propagação e o desconhecimento de seu manejo agrônomo dificultam a introdução desta espécie como cultura comercial. Este trabalho de pesquisa foi realizado em condições controladas de temperatura e umidade no laboratório de Física e Química da Fundação Universitária de Popayán. O comportamento da germinação de sementes de agraz de frutos grandes (> 8,0 mm), médios (6,6 - 7,9 mm) e pequenos (<6,5 mm) foi identificado em meios de germinação com diferentes concentrações de ácido giberélico AG3 (300 ppm, 400 ppm e 500 ppm) através de delineamento experimental com três repetições e unidade experimental de 50 sementes, em arranjo fatorial 3x4. Os dados foram registrados a cada oito dias durante um período de 30 dias e foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) com uma aceitabilidade de erro de 10% e médias de Duncan. A germinação das sementes não apresentou diferenças estatísticas significativas em nenhum dos tratamentos; porém, os frutos médios renderam maior número de sementes, as sementes de frutos grandes apresentaram maior viabilidade e a concentração de 500 ppm obteve a maior porcentagem de germinação.

PALAVRAS-CHAVE: Ericaceae, ácido giberélico, latência, germinação, concentração

1 | INTRODUCTION

The berry *Vaccinium meridionale* Sw., popularly known as ‘mortiño’ or ‘uvito de

monte', is an exotic species belonging to the same botanical family of the berry *Vaccinium ashei* Reade. This one has an outstanding commercial interest in national and international markets for its medicinal and food properties once provides beneficial for human health due to the antioxidants, vitamins, and minerals it contains, and for agricultural products as an economic alternative (SUÁREZ-BALLESTEROS, CALDERÓN-HERNÁNDEZ, MANCIPE-MURILLO, 2018). The berry *Vaccinium meridionale* Sw. is a wild shrub that reaches 4 m in height and is easily adapted to high mountain climates. In Colombia, this species lives in conditions provided by the high Andean ecosystem in the tropical zone from 2300 to 3300 meters above sea level (HERNÁNDEZ, LOBO, MEDINA, CARTAGENA, DELGADO, 2009). It is characterized by the production of red grapes, with a bittersweet taste that can be used in the confectionery industry or as in natural consumption (ZAPATA, SEPÚLVEDA-VALENCIA, ROJANO, 2015).

The main problem faced by this species, concerning the management of wild plant species, is the limited information on agronomic management and the difficult propagation, therefore its establishment and productive use (GARCÍA, LIGARRETO, 2014). Likewise, Hernández, Lobo, Medina, Cartagena, and Delgado (2009) indicate that populations have been reduced in their natural habitat due to deforestation and productive reconversion, deterioration, and death of plants due to improper harvesting practices and overexploitation.

According to the Food and Agriculture Organization report (FAO, 1996), the losses of genetic diversity are serious and continuous; (JARVIS, WILLIAMS D., WILLIAMS L. et al. 2005). The previous authors indicate that the preservation of gene pools should be a constant task, even more so, the genetic sets of wild ones that are generally little observed, collected, and described.

For the conservation and sowing of wild species, it is important to determine the germination and dormancy of the seeds. Regarding this, the fruits of berry have a high number of seeds, and present low percentages of germination, related to the state of maturity of the fruit (CASTRILLON, CARVAJAL, LIGARRETO et al., 2008). It means on a scale of 1 to 5, 3 is the optimal state, for which fruit harvested below or above 3 have a low percentage of germination. Due to this, was chosen the usage of auxins that allow increasing germination in less temperature; likewise, break the dormancy of the seeds to improve the adaptability conditions of the species (RACHE, PACHECO, 2010).

It is also important to mention that the size of the fruit is essential for the germination and dormancy of seeds; this favors their quantity and quality. According to Estanislao (2014), it has been found that larger fruit presents better percentages of germination and latency breaking.

Taking it into account, this research process was established to analyze the germination potential of berry seeds from the fruit of different diameters and potentiated with the use of three concentrations of auxin (Gibberellic acid).

2 | METHODOLOGY

Location. The research work was carried out in the chemistry and physics laboratory of the Popayán University Foundation, Timbío, Cauca, Colombia, at 1780 meters above sea level, an average temperature of 21°C and relative humidity of 80%; under laboratory conditions with humidity of the 85% and average temperature of 22°C + 1.

Seed source. The fruits were obtained from wild plants (Figure 1) located in the Arrayanales farm, Quintana village of the city of Popayán, located at longitude 76 ° 26'17.01 "and latitude 2 ° 26'37.17", 2762 meters above sea level with an average temperature between 16 and 17°C and average relative humidity of 85%.



Figure 1. Biological Material: a) Plants of *Vaccinium meridionale* Sw.; b) Fruits of *Vaccinium meridionale* Sw

Source: Authors

The collected fruits were classified according to their diameter into large (> 8 mm), medium (6.6 - 7.9 mm), and small (<6.5 mm); then extracted the seeds by manual pressure from previously moistened fruits; washed with distilled water through an 8 mm gauge sieve to separate the seeds from the pulp and the exocarp until completely cleaning. Subsequently, subjected to one-minute immersion disinfection in 1% sodium hypochlorite, and for storage, refrigerated at a temperature of 1°C, according to Hernández, Lobo, Medina, Cartagena, Delgado (2009).

Feasibility test. It was evaluated with the tetrazolium test (TZ). To do this, the seeds were moistened for 24 hours in distilled water, a longitudinal cut was made to facilitate the absorption of the tetrazolium and they were left immersed in a solution of 2, 3,5 triphenyl tetrazolium at 1%, for 3 hours at a 45 ° C temperature; later, the embryo staining was observed in a stereoscope. Three replicas were made with 50 seeds each.

Seed germination. The research was developed under a completely randomized DCA experimental design with a 3x4 factorial arrangement, three categories of seed diameter (large, medium, and small), and four concentrations of gibberellic acid (0 ppm, 300 ppm, 400 ppm, and 500 ppm); each one with three repetitions and 50 seeds as an experimental unit. Then we determined the germination percentage (GP) with the following formula (SUÁREZ-BALLESTEROS, CALDERÓN-HERNÁNDEZ et al., 2018):

$$GP = \frac{Sg}{St} \times 100$$

Where “Sg” is the number of germinated seeds, and “St” is the total number of seeds.

The sowing was carried out in Petri dishes on filter paper moistened with the solution according to the concentration of AG3, remaining in a laminar flow chamber with temperature 21°C + 1, the humidity of 85% and with the light condition: the darkness of 12:12 h, according to Hernández, Lobo, Medina, Cartagena, Delgado (2009).

The data collection was done in an Excel matrix, for each of the germination variables according to size and according to the concentration of AG3. The data were subjected to an Analysis of Variance (ANOVA) with a margin of error of 10%.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

Number of seeds per fruit. Statistically speaking, was not reported any difference in the number of seeds according to the size of the fruit. Although, the berries with the highest number of seeds were obtained from the fruits with 6.6 - 7.9 mm diameter, with an average of 15, 11 seeds (Figure 2). Valencia and Ramírez (1993) found fruits with an average of 15 seeds, and De Valencia and De Lozano (1995) state that large fruits with diameters between 10-12 mm, contained 10 and up to 55 seeds (with an average of 37). Likewise, García and Ligarreto (2014) and Castro et al. (2012) point out that large fruits contain a greater quantity of seeds, stating that climatic conditions interfere in the production of higher quality fruits, which influences the number of seeds.

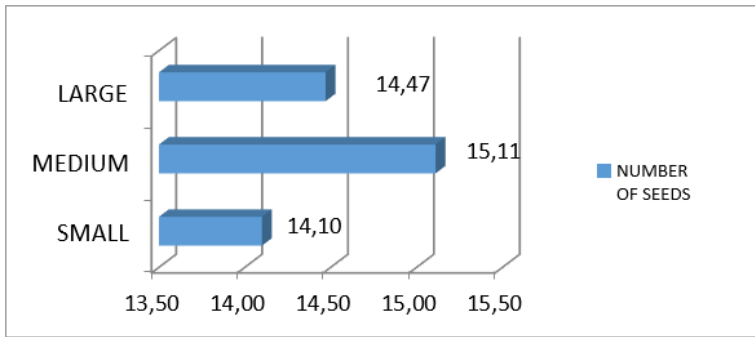


Figure 2. Number of seeds according to fruit size.

Source: Authors

Valencia and Ramírez (1993) state that some fruits have underdeveloped seeds and whitish rudiments that would not be considered as a seed; thus, reducing the number of seeds per fruit. As a determining factor. Buitrago et al (2015) raise the number of seeds per fruit by its color; it means green fruits have poorly developed white seeds indicating that they are not yet viable, and a purple color indicates a greater quantity of physiologically viable seeds.

a) Viability of berry seeds. 68% of the viability of berry seeds was considered high for lignified those from wild plants (Figure 3). 18% did not show staining in the embryo, indicating that they are non-viable seeds, possibly because they are in a type of dormancy that can be induced by structural conditions of them or physiological conditions (HERNÁNDEZ et al, 2009); the same author affirms that ‘mortiño’ seeds do not present exogenous latency, therefore it may be influenced by innate conditions.

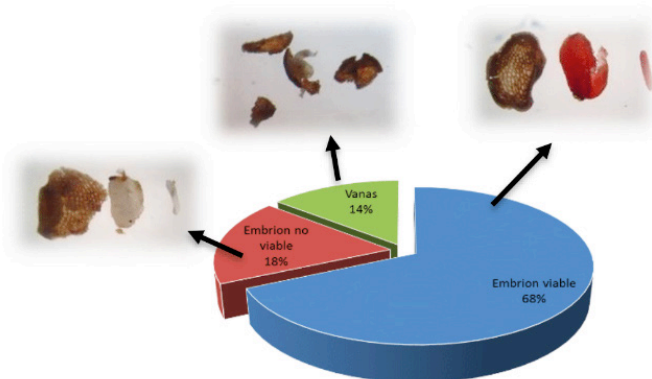


Figure 3. Percentage of viability of *V. meridionale*.

Source: Authors

According to Suárez, Calderón, and Mancipe (2018), the berry seeds lose viability when stored; likewise, De Armas, Martín, Rangel (2020) report that the fruits are climacteric and when stored for several days, they start a process of dehydration that causes the phenological characteristics of the seeds to be lost. Valencia and Ramírez (1993) explain that small seeds present lignified endosperm and no embryo, causing loss of viability, and they state that viability is also influenced by climatic conditions, such as temperature, interfering in the process of filling the fruits; therefore, in the development of the seeds.

Calderón (2019) highlights that the storage temperature is a determining variable to maintain the viability of seeds. Therefore, storage in laboratory conditions for long periods is not recommended for more than a week because it decreases viability. Likewise, Espitia, Cardona, Campo, Armendiz, and Correa (2017) state that the deterioration of the seed coat of the seed during storage produces changes in enzymatic activity, reducing nutritional substances and losing viability.

However, Balaguera et al (2010) also state that cold stratification in seeds is an alternative to increase the synthesis of gibberellins and reduces the concentration of germination inhibitors, inducing an increase in the percentages of germinated plants.

a) Germination according to the size of the fruit. According to the size of the fruit, the analysis of variance for the germination of the seeds did not show significant statistical differences. However, the medium size was the one that obtained the highest germination percentage at 41%. García and Ligarreto (2014) report similar results when evaluating the effect of fruit size on the development of berry seedlings, where no significant differences were found between the germination rates of seeds of fruits of different sizes.

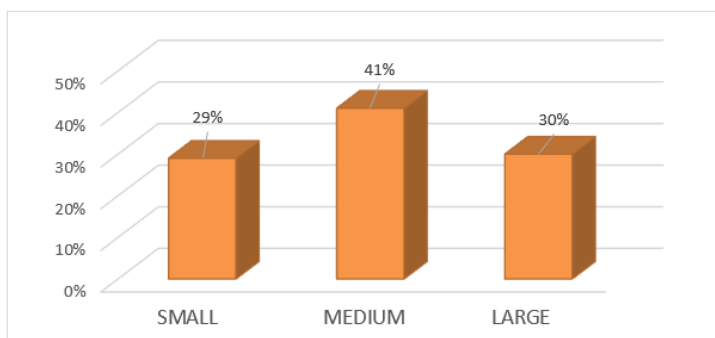


Figure 4. Percentage of germination of *V. meridionale* seeds vs fruit size

Source: Authors

According to Suárez, Calderón, and Mancipe (2018) reveal that the germination process of berry is slow, obtaining germination percentages of 38% in seeds extracted

from fruits evaluated for 35 days only with water. The previous authors found that fruits with sizes <1 cm presented 82.64% germination and fruits > 1 cm presented 90.4% germination with seeds obtained from the Purace region in the department of Cauca; very high results compared to those obtained in this research.

The low percentage of germination, according to Doria (2010), is because viability is determined by the physiology of the seed. That means the permeability of water is prevented if a seed has a hard seed coat; therefore, the embryo remains in a slow dormant state that makes impossible the starting of the germination process. Besides, if the embryo does not complete its morphological stage, it is not yet in optimal conditions to germinate. Furthermore, Nin (2017) points out that the majority of seeds to start the germination process require a sufficiently aerated environment with which the embryo obtains the energy to maintain its constant metabolic activity in the first germination phase.

On the other hand, Buitrago et al (2015) explain that the low germination of the seeds of some species is influenced by the size of the embryo being very small compared to the size of the seed and has a large amount of endosperm. Even though the cotyledon and radicle are developed, the endosperm must grow to a critical length for the radicle to emerge from the seed.

a) Influence of Gibberellic Acid in germination. When performing the germination variance analysis, were not found any statistically significant differences for the concentrations of the hormone. However, in graph 9, it is evident in observation 5 with a concentration of 400ppm, 26.67 seeds out of 50 germinated, the highest germination number corresponding to 88.9% of the total seeds.

The previous results agree with that reported by Hernández et al (2009) who found germination percentages of 97, 98, and 93% for concentrations of 500, 1000, and 2000 mg L-1 of gibberellic acid respectively and 84% for the control treatment.

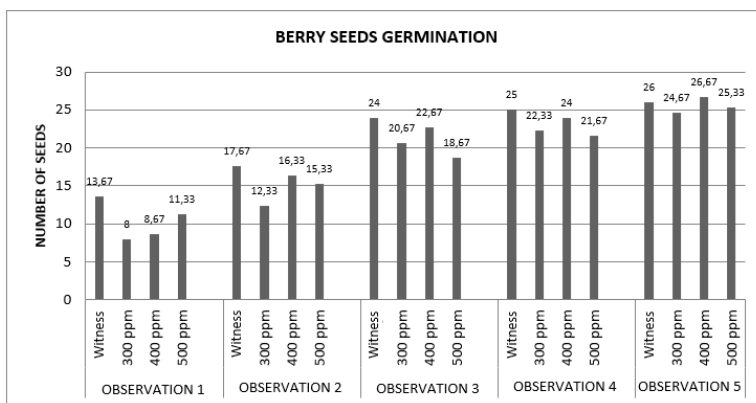


Figure 5. Germination according to the concentration of AG3

Source: Authors

Regarding the germination days of this research, and according to what was stated by Buitrago et al (2015) about the seeds germinated 20 days after sowing, it stated that began the appearance of the radicle after 20 days of establishing the experiment in the first germinated seeds.

According to Hernández et al (2009), the imbibition of the seeds in gibberellic acid allows the removal of dormancy, which is not deep. Also, the berry seeds are photoelastic, and when placed in periods of light, with a temperature of 20°C, they present high percentages of germination; and Magnitskiy and Ligarreto (2011) point out that gibberellic acid increases the growth of the embryo and helps to break the resistance surrounding the radicle, which facilitates germination. However, in the test, no significant differences were obtained from the seeds treated with AG3 and the control, using water, which allows inferring that the berry seeds from the Quintana village can germinate under the influence of water only. It coincides with what was reported about the application of gibberellic acid rather than an increase in germination produces greater speed in the process, reducing the light needs (HERNÁNDEZ et al, 2009).

Seeds obtained from wild species contain substances such as tannins that inhibit seed germination (AGUILAR, MELGAREJO, ROMERO, 2012). Additionally, the berry has a hard and impermeable covered layer which makes it difficult for the hormone to be absorbed through the other ones, although it also depends on the entry of oxygen, therefore, if the seminal covers are intact, it is difficult for the seed to start with germination metabolism (DORIA, 2010).

4 | CONCLUSION

The berry seed has a high percentage of viability, indicating that sexual propagation can be an effective method for this species. Regarding the sexual reproduction of berries, the concentration that showed the highest number of germinated seeds was 400 ppm at the end of the evaluation. However, the control treatment presented similar results, which indicates that the use of gibberellic acid on berry seeds is not profitable.

For the size of the fruit, there is no significant difference in germination. However, the seeds of medium berries obtained a higher percentage concerning the other size, which means that a characteristic to take into account is the selection of medium fruits to increase the probability of germination.

REFERENCES

AGUILAR, M; MELGAREJO, L.M.; ROMERO, M. **Experimentos en Fisiología y Bioquímica Vegetal. Capítulo 1° Fitohormonas.** Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. 2012. ISBN: 978-958-719-668-9

BALAGUERA, H. E.; ALVAREZ, J. G.; CARDENAS, J. Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) para la obtención de plántulas. *Revista UDCA : Actualidad & Divulgación Científica*, Bogotá, v. 13, n. 2, p. 89-97, dec. 2010.

BUITRAGO GUACANEME, C. M. et al. Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, Medellín, v. 68, n. 1, p. 7521-7531, jan. 2015.

CALDERÓN HERNÁNDEZ, M. **Potencial de conservación ex situ de semillas de especies de páramo**. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de biología, tesis de maestría en Ciencias – Biología. Bogotá, Colombia. 2019.

CASTRILLON, J. C.; CARVAJAL, E.; LIGARRETO, G. et al. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía colombiana*, vol.26, n.1, 2008. pp.16-22.

CASTRO, C. et al. Development of a germination protocol for blueberry seeds (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Agronomía colombiana*, Bogotá, v. 30, n. 2, p. 196-203, aug. 2012.

DE ARMAS, R., MARTÍN, P., RANGEL, J. Signature of the maturity states of tropical climacteric fruits. *Ciencia Y Agricultura*, 17(1), 51-65. 2020.

DE VALENCIA, M. L.; DE LOZANO, N.. **Anatomía del fruto del “Agraz” *Vaccinium Meridionale* Swartz**. *Acta Biológica Colombiana*, 1995, vol. 2, no 9, p. 159-172.

DORIA, J. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *cultrop*, La Habana , v. 31, n. 1, p. 00, mar. 2010 .

ESPITIA, M.; CARDONA, C.; CAMPO, R.; et al. **Contribución al conocimiento de las semillas de cinco especies forestales nativas y dos exóticas de Córdoba, Colombia**. ForCaribe, Universidad de Córdoba. 2017.

ESTANISLAO, A., et al. **Germinación de semilla y efecto de poda en el establecimiento postrasplante de palma kerpis *Veitchia merrillii* (Becc.), [h. e. Moore, Arcaceae]**. *Cultivos Tropicales*, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 75–84, 2014.

FAO – ORGANIZACIÓN MUNDIAL PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **Report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture**. FAO, Roma. 1996.

GARCÍA M.; LIGARRETO M. Effect of fruit size on the growth and development of Andean blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) seedlings from four locations in the Colombian Andes. *Agronomía Colombiana*, 2014, vol. 32, no 1, p. 14-21.

GUACANEME, C. M. B., SOLEDAD, M. C. R., LÓPEZ et al. Tipificación de diferentes estados de madurez del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 68(1), 7521-7531. 2015.

HERNÁNDEZ, M. I.; LOBO, M; MEDINA, C. I. et al. Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). **Agronomía colombiana**, Bogotá, v. 27, n. 1, p. 15-23, Apr. 2009.

JARVIS, A., K.; WILLIAMS, D.; WILLIAMS, L. et al. **Use of GIS for optimizing a collecting misión for a rare wild pepper (*Capsicum flexuosum* Sendtn.)** in Paraguay. *Genet. Resour. Crop Evol.* 52, 671-682. 2005

MAGNITSKIY, S., LIGARRETO, G. El efecto del nitrato de potasio, del ácido giberélico y del ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). **Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas**, 1(2), 137-141. 2011.

NIN, Stefania, et al. Effects of environmental factors on seed germination and seedling establishment in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). **Scientia Horticulturae**, vol. 226, p. 241-249. 2017.

RACHE, L.; PACHECO, J. Establecimiento de un protocolo de propagación de *Physalis peruviana* l. a partir de yemas axilares adultas. **Ciencia en desarrollo**,v. 4, 2010.

SUÁREZ-BALLESTEROS, C. I.; CALDERÓN-HERNÁNDEZ, M.; MANCIPE-MURILLO, C. Propagación sexual y tolerancia a la desecación del agraz (*Vaccinium meridionale* Sw) de tres fuentes semilleras localizadas en Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gachetá (Cundinamarca). **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, [s. l.], v. 42, n. 163, p. 207–215, 2018. DOI 10.18257/raccefyn.614.

VALENCIA, M.;RAMÍREZ, F. **Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del Agraz**. 1993.

ZAPATA, I. C.; SEPÚLVEDA-VALENCIA, U.; ROJANO, B. A. Efecto del Tiempo de Almacenamiento sobre las Propiedades Físicoquímicas, Probióticas y Antioxidantes de Yogurt Saborizado con Mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw). **Información Tecnológica**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 17–27, 2015. DOI 10.4067/S0718-07642015000200004.

CAPÍTULO 3

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

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 08/12/2020

Fábio Sérgio Barbosa da Silva

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

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

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

PALAVRAS - CHAVE: Glomeromycota; micorriza; metabolismo secundário.

POTENTIAL OF MYCORRHIZAL TECHNOLOGY FOR INCREASING BIOSYNTHESIS OF PHENOLIC COMPOUNDS IN PLANTS¹

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

KEYWORDS: Glomeromycota; mycorrhiza; secondary metabolism.

1 | SIMBIOSE MICORRÍZICA ARBUSCULAR

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

de famílias botânicas estudadas.

O estabelecimento da micorriza começa com a germinação de esporo de FMA quiescente, que emite um tubo germinativo. Esse processo independe da presença do hospedeiro e é favorecido pela presença de água e de CO₂ no meio, como abordado, em revisão, por Giovannetti *et al.* (2010). O micélio formado tem ramificações dicotômicas e quando alcança a raiz forma um apressório, que por pressão mecânica e ação enzimática, favorece o início da fase simbiótica. Uma vez vencida tal barreira, há a formação de hifas inter e intracelulares, caracterizando a colonização radicular. Na colonização intracelular, não há rompimento da membrana plasmática e, caracteristicamente, forma-se o arbúsculo, hifa altamente ramificada responsável pela troca de nutrientes entre os parceiros. Além disso, ocorre a formação de uma membrana periarbuscular que delimita o espaço apoplástico entre os simbiosites; tal região é considerada extremamente ativa e importante para a funcionalidade da simbiose (Gere *et al.* 2010).

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

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

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

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

21 PRODUÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM PLANTAS MICORRIZADAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- SILVA, L. G.; MARTINS, L. M. V.; SILVA, F. S. B. Arbuscular mycorrhizal symbiosis in the maximization of the concentration of foliar biomolecules in pomegranate (*Punica granatum* L.) seedlings. **J Med PI Res**, v. 8, p. 953-957. 2014a
- SILVA, F. A. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi increase gallic acid production in leaves of field grown *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz. **J Med Plant Res**, v. 8, p. 1110-1115. 2014b
- SILVA, F. A.; SILVA, F. S. B.; MAIA, L. C. Biotechnical application of arbuscular mycorrhizal fungi used in the production of foliar biomolecules in ironwood seedlings [*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *ferrea*]. **J Med Plant Res**, v. 8, p. 814-819. 2014c
- SILVA, F. S. B.; MELO, A. M. Y.; MAIA, L. C. Production and infectivity of inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi multiplied in a substrate supplemented with tris-hcl buffer. **Braz J Microbiol**, v. 38, p. 752-755. 2007
- Silva, F. S. B. **Fase assimióptica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos em adubos orgânicos**. 2006. 296 p. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.
- SILVA, M. F. *et al.* The effect of arbuscular mycorrhizal fungal isolates in the development and oleoresin production of micropropagated *Zingiber officinale*. **Braz J Plant Physiol**, v. 20, p. 119-130. 2008
- SILVA, F. S. B.; MAIA, L. C. Mycorrhization and phosphorus may be an alternative for increasing the production of metabolites in *Myracrodruon urundeuva*. **Theor Exper Plant Physiol**, v. 30, p. 297-302. 2018.
- SILVA, F. A. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi as biotechnology alternative to increase concentrate of secondary metabolites in *Zea mays* L. **Braz J Bot**, v. 42, p. 189-193, 2019.
- SILVA, F. A. *et al.* Bark of the stem of associated with mycorrhizal fungi: An alternative to produce high levels of phenolic acids. **Open Microbiol J**, v. 12, p. 412-418, 2018.
- SILVA, F. A.; SILVA, F. S. B. Is the application of arbuscular mycorrhizal fungi an alternative to increase foliar phenolic compounds in seedlings of *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir., Mimosoideae? **Braz J Bot**, v. 49, P. 361-365. 2017
- SILVA, F.S.B.; SILVA, F.A. A low cost alternative, using mycorrhiza and organic fertilizer, to optimize the production of foliar bioactive compounds in pomegranates. **J Appl Microbiol**, v. 128, p. 513-517, 2019.
- SINGH, N. V. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induced hardening of micropropagated pomegranate (*Punica granatum* L.) plantlets. **Sci Hortic**, v. 136, p. 122-127. 2012
- SINGH, R. *et al.* Effect of potential bioinoculants and organic manures on root-rot wilt, growth, yield and quality of organically grown *Coleus forskohlii* in a semiarid tropical region of Bangalore (India). **Plant Pathol**, v. 61, p. 700-708. 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Rio de Janeiro: Artmed, 2013. 954 p.
- TKACZ, A.; POOLE, P. Role of root microbiota in plant productivity. **J Exp Bot**, v. 66, p. 2167-2175. 2015.

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

CAPÍTULO 4

TANINOS: UMA REVISÃO

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/11/2020

Aline de Jesus Lustosa Nogueira

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Patologia
São Luís – MA

<https://orcid.org/0000-0003-1190-3494>

Ana Paula Muniz Serejo

Faculdade UNINASSAU, Departamento de
Farmácia
São Luís – MA

<https://orcid.org/0000-0002-4376-4364>

Andressa Almeida Santana Dias

Faculdade UNINASSAU, Departamento de
Farmácia
São Luís – MA

<https://orcid.org/0000-0002-1671-8338>

Denise Fernandes Coutinho

Universidade Federal do Maranhão,
Departamento de Farmácia
São Luís – MA

<https://orcid.org/0000-0002-5665-9280>

RESUMO: Os taninos são compostos fenólicos decorrentes do metabolismo secundário de plantas. A origem da palavra tanino vem do termo “*tanante*”, que se refere à capacidade de curtimento do couro. Encontrados em famílias como Leguminosae, Rosaceae, Polygonaceae, Fagaceae, Rhyzophoraceae, Myrtaceae e Melastomataceae, são responsáveis pela

adstringência de frutas, sucos e vinhos, característica proveniente do caráter ácido da hidroxila fenólica. Muito reativos quimicamente, são caracterizados por conter pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila e outros substituintes. Divididos em taninos hidrolisáveis (com um núcleo de poliol) e taninos condensados (que são derivados dos flavonoides). Os taninos se dissolvem em água formando dissoluções coloidais, solúveis em solventes orgânicos. Apresentam várias ações biológicas, como atividade adstringente, antimicrobiana, antioxidante, inibição enzimática, além de aplicação na agricultura orgânica. A sua extração está relacionada com a espécie vegetal em questão, sendo preferencialmente utilizados solventes polares a partir de métodos de extração à temperatura ambiente ou utilizando aquecimento. Quanto ao isolamento são empregados métodos cromatográficos clássicos como cromatografia líquida em coluna e cromatografia líquida de alta eficiência. São fontes de taninos algumas espécies vegetais como: Espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek), hamamélis (*Hammamelis virginiana* L.), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) e goiabeira (*Psidium guajava* L.).

PALAVRAS - CHAVE: compostos fenólicos; plantas medicinais; bioprodutos; acácia; farmacognosia

TANNINS: A REVIEW

ABSTRACT: Tannins are phenolic compounds resulting from the secondary metabolism

of plants. The origin of the word tannin comes from the term “tannin”, which refers to the tanning capacity of leather tanning. Found in families such as Leguminosae, Rosaceae, Polygonaceae, Fagaceae, Rhyzophoraceae, Miyrtaceae and Melastomataceae, they are responsible for the astringency of fruits, juices and wines, a characteristic that comes from the acidic character of phenolic hydroxyl. Very chemically reactive, they are characterized by containing at least one aromatic ring with one or more hydroxyl groups and other substituents. Divided into hydrolyzable tannins (with a polyol core) and condensed tannins (which are derived from flavonoids). The tannins dissolve in water forming colloidal dissolutions, soluble in organic solvents. They present several biological actions, such as astringent, antimicrobial, antioxidant activity, enzyme inhibition, in addition to application in organic agriculture. The extraction of tannins is related to the plant species in question, and polar solvents are preferably used using extraction methods at room temperature or using heating. As for the isolation, classic chromatographic methods are used, such as liquid column chromatography, high performance liquid chromatography and mass spectrometry. Sources of tannins are some plant species such as: Espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reissek), witch hazel (*Hammamelis virginiana* L.), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) and guava (*Psidium guajava* L.).

KEYWORDS: phenolic compounds; medicinal plants; bioproducts; acácia; pharmacognosy

1 | INTRODUÇÃO

Os taninos são historicamente conhecidos por sua capacidade de transformar a pele animal em couro. A origem da palavra tanino vem do termo “*tanante*”, que indica algo próprio para curtir couro (MONTEIRO et al., 2005). Embora atualmente esse processo seja feito de forma industrial, durante vários milênios foi realizado com a utilização exclusiva de plantas taníferas. Os taninos são compostos fenólicos solúveis em água, decorrentes do metabolismo secundário de plantas, cuja massa molecular varia entre 500 a 3000 daltons. Possuem a capacidade de formar complexos insolúveis em água com proteínas, gelatina e alcaloides (SIMÕES et al., 2017).

São sintetizados em plantas como metabólitos secundários para fins de autodefesa, uma vez que deixam o material amargo ou adstringente ao paladar dos animais (GRASEL, 2016). Também são responsáveis pela adstringência de frutas, sucos e vinhos, característica proveniente do caráter ácido da hidroxila fenólica (BATTESTIN et al., 2004).

Por serem fenólicos, os taninos são muito reativos quimicamente, gerando pontes de hidrogênio intra e intermoleculares. São caracterizados por conter pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila, juntamente com outros substituintes (SILVA e SILVA, 1999). Um mol de taninos pode ligar-se a doze moles de proteínas; a partir dessa propriedade pode-se identificar taninos por teste de precipitação de gelatinas. Estes compostos são facilmente oxidáveis, tanto através de enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais, como cloreto férrico, o que ocasiona o escurecimento de suas soluções (MONTEIRO et al., 2005).

Como resultado do processo de curtimento, formam-se ligações entre as fibras de colágeno e a pele, o que confere a esta resistência à água, ao calor e à abrasão. Essa capacidade de combinar-se com proteínas, macromoléculas formadas por aminoácidos, explica a adstringência característica dos taninos, pois ao precipitar as glicoproteínas ricas em prolina presentes na saliva, fazem com que esta perca seu poder lubrificante. A combinação entre os taninos e essas macromoléculas se estabelece por meio de interações hidrofóbicas e de pontes de hidrogênio entre os agrupamentos fenólicos de taninos e as proteínas e outros polímeros (BRUNETON, 2001).

21 OCORRÊNCIA

Os taninos distribuem-se amplamente pelas plantas superiores. São encontrados em várias partes desses vegetais, como tronco, ramos, galhos, cascas, raízes, vacúolos celulares presentes nas folhas e no tegumento de sementes. A concentração desse metabólito normalmente aumenta de acordo com a idade da planta, ou seja, quanto mais velha, maior a quantidade de taninos presente (PINHEIRO, 2016; SILVA et al., 2017; CAMPOS et al., 2019).

São metabólitos secundários amplamente distribuídos em várias categorias das plantas superiores, especialmente nas famílias Leguminosae, Rosaceae, Polygonaceae, Fagaceae, Rhyzophoraceae, Myrtaceae e Melastomataceae (ISAZA, 2007). Estes compostos estão presentes também em algumas plantas não vasculares. O teor e o tipo de tanino variam não só de um vegetal para outro como também de uma parte para outra do mesmo vegetal (BATTESTIN, MATSUDA e MACEDO, 2004; ARACRI, 2019). São considerados o quarto constituinte vegetal e o segundo grupo de compostos fenólicos mais abundante na natureza (ARACRI, 2019).

A acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) é uma espécie que se destaca pela riqueza de taninos. Originária da Austrália, esta foi introduzida no Brasil no ano de 1918 por Alexandre Bleckmann, sendo amplamente cultivada no estado do Rio Grande do Sul e extensamente distribuída pelo país (SCHNEIDER et al., 1999; BLANCO et al., 2016). A planta é utilizada principalmente para a extração comercial de taninos a partir de sua casca. Algumas empresas nacionais destacam-se neste segmento, produzindo e comercializando extratos tânicos vegetais para diversas finalidades (CALEGARI et al., 2016).

Diversos fatores podem influenciar as concentrações de taninos em cada planta, dentre eles, fatores ambientais como condições climáticas, solo e forma de cultivo. Logo, não é possível mensurar a quantidade exata desse metabólito em cada parte da planta entre as espécies e famílias semelhantes (PIZZI, 2008; CARNEIRO, 2006; PERONI et al., 2019).

3 I CLASSIFICAÇÃO

Essa classe de metabólitos secundários apresenta diversas classificações, no entanto a mais aceita é a de que esses compostos são divididos em taninos hidrolisáveis e taninos condensados, como demonstrado na figura 1, correspondendo a tipos estruturais diferenciados (CALEGARI et al, 2016). Taninos hidrolisáveis consistem de um núcleo de poli-ol, sendo a D-glicose o núcleo mais comum, multi esterificados com ácido gálico ou algum de seus derivados. Taninos dessa classe podem apresentar clivagem hidrolítica e são divididos em galotaninos e elagitaninos, respectivamente formados através das estruturas de ácido gálico e elágico (CATELANI et al, 2017).

Os galotaninos resultam da união entre unidades de ácido gálico via ligações denominadas meta-depsídicas. Os elagitaninos possuem um ou dois resíduos de hexa-hidróxi-difenoil-D-glicose (HHDP) de configuração (R) e (S), os quais são obtidos pelo acoplamento oxidativo C-C entre dois resíduos de ácido gálico espacialmente adjacentes (SIMÕES et al., 2017).

Taninos condensados são derivados dos flavonoides, podendo ser poliméricos ou oligoméricos que apresentam unidades de catequina (3-flavonol) com carbonos ligados em posições 4 e 8 ou 4 e 6 (CATELANI et al, 2017). Essa classe de taninos também é denominada como proantocianidina devido ao fato de produzirem pigmentos avermelhados da classe das antocianidinas, tais como cianidina e delphinidina quando aquecidos (SIMÕES et al., 2017).

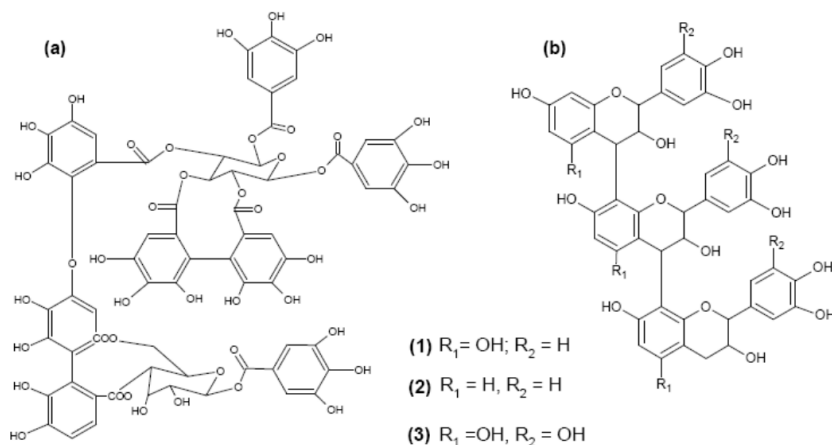


Figura 1 : Estruturas químicas de tanino hidrolisável (a), e de tanino condensado (b).

Fonte: Mangrich, et al 2014.

O grau de polimerização (GP) mede o tamanho da cadeia das proantocianidinas, podendo as mesmas se apresentarem na forma de monômeros (GP=1), dímeros (GP=2), trímeros (GP=3) e assim por diante. Taninos com grau de polimerização entre 2 e 5 são chamados de oligômeros, enquanto os com grau superior a esta faixa são denominados polímeros (SANTIAGO et al., 2020). A classificação geral dos taninos está ilustrada na figura 2.

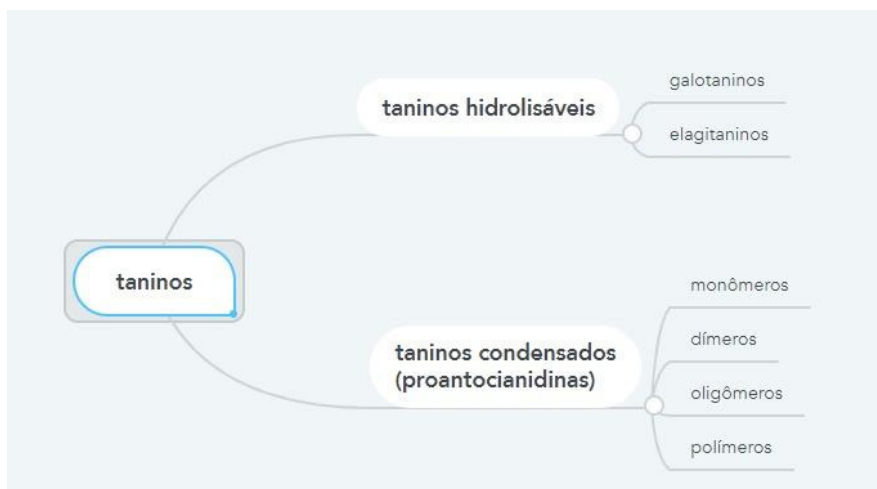


Figura 2: Classificação dos taninos.

4 | BIOSÍNTESE

Como são metabólitos incluídos no grupo dos compostos fenólicos, os taninos são formados a partir de rotas onde há formação de anéis aromáticos. Nas plantas vasculares, cerca de 40% desses compostos provém da via do acetato-malonato e 60%, da via do ácido chiquímico. Esta última se inicia com a união do fosfoenolpiruvato à eritrose 4-fosfato (produtos da fotossíntese), originando o ácido 3-deidroquinico, precursor do ácido chiquímico. Antes da síntese desse ácido, há duas ramificações nessa via, onde uma leva à síntese do ácido gálico, importante na formação dos galotaninos e elagitaninos, e a outra à formação do ácido quinico, precursor de alcaloides. Ocorre a incorporação da outra molécula de fosfoenolpiruvato ao ácido chiquímico, havendo a formação do ácido corísmico, a partir do qual serão formados os fenólicos simples, além da síntese dos aminoácidos aromáticos, como o triptofano, importante para a síntese de compostos como a fenilalanina e tirosina. A partir desta, há a formação dos fenilpropanoides (C6C3). Metabólitos importantes como flavonoides e estilbenos formam-se pela junção desses fenilpropanoides (ácido p-cumárico) a moléculas de malonil CoA (via acetato-malonato). As catequinas, um tipo de flavonoide, são as unidades formadoras dos taninos condensados

(DEWICK, 2009; TAZI; ZEIGER, 2009; SANTOS, 2015) (figura 3).

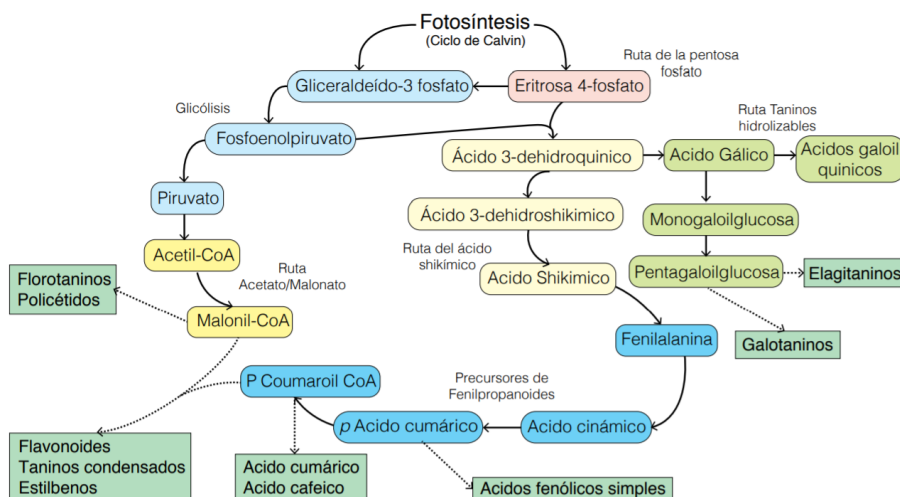


Figura 3 : Esquema das rotas biossintéticas de diferentes grupos de taninos e outros compostos fenólicos.

Fonte: Vaca-Sánchez et al., 2016.

5 I PROPRIEDADES

Os taninos estão entre os compostos fenólicos mais abundantes e sua estrutura diversificada e polifenólica contribuem para propriedades físico-químicas particulares, além de desempenhar funções biológicas importantes como contribuir na redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e câncer (SANTIAGO et al., 2020).

5.1 Propriedades físico-químicas

Os taninos se dissolvem em água formando dissoluções coloidais, porém sua solubilidade varia de acordo com o grau de polimerização, diminuindo à medida que esta aumenta. São solúveis em álcoois e acetona. As dissoluções aquosas possuem uma estabilidade variável segundo sua estrutura, geralmente moderada. Como todos os compostos fenólicos, os taninos reagem com o cloreto de ferro. Precipitam de suas soluções aquosas por adição de sais metais pesados e com gelatina (BRUNETON, 2001).

Em estudos realizados por Roseno et al. (2016), observou-se uma nova técnica de tratamento físico-químico de efluentes do biodiesel por meio do uso de taninos como coagulantes. Estes demonstraram atuação efetiva na remoção de turbidez e menores volumes de iodo formados, apresentando assim um grande potencial coagulante. A outra propriedade, já citada, desses metabólitos é a capacidade de formação de co-polímeros

estáveis com proteínas, o que confere aos taninos sabor adstringente e diversas ações biológicas.

5.2 Propriedades biológicas

A maioria das propriedades biológicas dos taninos se deve ao poder que possuem de formar complexos com proteínas. Essa capacidade é fundamental para explicar o papel dos taninos na proteção vegetal contra patógenos e herbívoros (BRUNETON, 2001; ROCHA et al., 2011). Algumas das propriedades inerentes a esses compostos são:

a) *Atividade adstringente*: as aplicações das drogas com taninos são bem restritas e derivam de sua afinidade por moléculas proteicas, dando-as uma propriedade adstringente. Evidências sugerem que os mecanismos pelos quais os taninos exercem ação de proteção contra diabetes, aterosclerose, câncer, Parkinson e Alzheimer se devem sobretudo a essa afinidade, além da atividade antioxidante (BRUNETON, 2001; SIMÕES et al. 2017);

b) *Atividade antioxidante*: numerosos taninos, sobretudo os hidrolisáveis, inibem a peroxidação lipídica induzida por ADP e ácido ascórbico sobre mitocôndrias hepáticas de ratos. *In vitro*, são captadores de radicais livres e inibidores da formação do íon superóxido. A capacidade antioxidante dos taninos é frequentemente citada como uma propriedade-chave na prevenção ou redução de doenças crônicas e ligadas ao envelhecimento, que estão relacionadas ao estresse oxidativo, como doenças cardiovasculares, câncer e doenças neurodegenerativas (BRUNETON, 2001; SIMÕES et al. 2017);

c) *Atividade moluscicida*: a atividade moluscicida dos extratos de várias espécies vegetais têm sido atribuídas, principalmente, à presença de taninos. Os efeitos moluscicidas da planta *Acacia nilotica* têm sido relacionados à sua constituição rica em taninos. Outras espécies vegetais como *Krameria trianda* e *Hamameis virginiana* também são fontes ricas nesse metabólito. Seus extratos são ativos contra moluscos nas concentrações de 50 e 100 ppm, respectivamente (ALCANFOR et al, 2001).

d) *Inibição enzimática*: de forma geral, os taninos são inibidores enzimáticos: alguns taninos, por exemplo, inibem a proteína-quinase C (PKC) (BRUNETON, 2001; SIMÕES et al., 2017). Proteínas-quinase são enzimas que catalisam o processo de fosforilação de proteínas, sendo cruciais nas vias de sinalização que regulam diversas funções celulares (SILVA et al., 2016). As PKC, mais especificamente, estão relacionadas a proliferação, diferenciação, apoptose, adesão e migração celular (ROCHA, 2013).

e) *Ação contra insetos herbívoros*: estudos recentes afirmam que os taninos hidrolisáveis, junto aos taninos condensados, têm um papel central na defesa química, uma vez que estes podem estar agindo sinergicamente uns com os outros contra insetos herbívoros (VACA-SÁNCHEZ et al., 2016). Essa propriedade permite pesquisas sobre o emprego dos taninos na agricultura orgânica.

f) *Atividade antimicrobiana*: A atividade antimicrobiana apresentada por algumas plantas está diretamente relacionada à presença de taninos nas mesmas, possuindo

também caráter bactericida (SIMÕES et al., 2017). Em estudos realizados por Pereira et al. (2015), foi evidenciado um potencial de atividade antibacteriana in vitro de soluções tânicas isoladas de *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa arenosa* e *Piptadenia stipulacea* sobre as linhagens de *Staphylococcus aureus*.

g) *Atividade cicatrizante*: Atuam no local lesionado, formando uma película protetora, promovendo um papel relevante na cicatrização (CASALE et al., 2017). Ao limitar a perda de fluidos e impedir as agressões externas, os taninos favorecem a regeneração dos tecidos em casos de feridas superficiais ou queimaduras. Por via tópica, impermeabilizam as camadas mais externas da pele e mucosas, protegendo assim as camadas subjacentes. Possuem também um efeito vasoconstritor sobre pequenos vasos superficiais.

Por via interna, exercem efeito antidiarreico. Plantas ricas em taninos são também utilizadas para o tratamento de pressão alta, problemas renais e do sistema urinário, além de processos inflamatórios (BRUNETON, 2001; SIMÕES et al., 2017).

6 | DETERMINAÇÃO E EXTRAÇÃO

Na prospecção fitoquímica, os testes qualitativos por reações químicas são rápidos e possibilitam traçar o perfil químico do vegetal. Além destes, os métodos cromatográficos não se limitam apenas a detectar os metabólitos, como também ao fracionamento, isolamento e purificação de substâncias. Quanto aos solventes para a extração de taninos, soluções hidroalcoólicas e água são os principais utilizados (SOARES et al., 2016).

Entre os métodos por reação química, os testes de determinação de taninos são, principalmente, ensaios de precipitação de metais ou proteínas e métodos colorimétricos. Considera-se os testes envolvendo a precipitação de proteínas como os mais adequados para determinação de taninos, porém os métodos colorimétricos seguem sendo os mais utilizados (HAGERMAN et al, 1997; MONTEIRO et al, 2005). Nesses testes, que envolvem a reação com o Cloreto de Ferro (FeCl_3), a formação de um composto com coloração entre o azul e o vermelho indica a presença de fenóis. Por sua vez, a formação de precipitado escuro de tonalidade azul indica a presença de taninos pirogálicos (taninos hidrolisáveis) e verde, a presença de taninos flobabênicos (taninos condensados ou catéquicos) (MATOS, 2009). Soares et al. (2016) destacam ainda a reação de Stiasny para taninos condensados e a utilização de gelatina, metais pesados e sais de alcalóides nos ensaios de precipitação.

A extração de taninos está relacionada com a espécie vegetal em questão, sendo preferencialmente utilizados solventes polares a partir de métodos de extração à temperatura ambiente ou utilizando aquecimento. Pode-se adicionar outras substâncias como metabissulfito, uréia, hidróxido de sódio, bicarbonato de sódio ou sulfito de sódio, melhorando a qualidade e o rendimento dos taninos extraídos (SIMÕES et al, 2017; PERONI et al, 2019; MONTEIRO et al, 2005; SANTIAGO, 2020).

Para realizar o isolamento dos taninos, pode-se empregar métodos cromatográficos

clássicos como cromatografia líquida em coluna (CL) ou métodos mais sofisticados com cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC ou CLAE) com detectores de ultravioleta (UV). No entanto os que utilizam espectrometria de massa (EM) são mais eficientes no processo de identificação dessas substâncias (SIMÕES et al, 2017)

7 | DROGAS VEGETAIS

Denomina-se droga vegetal qualquer planta medicinal ou suas partes que contenham a substância ou as classe de substâncias responsáveis pela ação terapêutica, após processo de coleta ou colheita, estabilização e secagem, íntegras, rasuradas, trituradas ou pulverizadas (BRASIL, 2010). A seguir, algumas drogas vegetais que contêm taninos:

a) Espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek): Planta da família Celastraceae, originária do sul do Brasil, Uruguai, Paraguai, norte da Argentina, Chile e Bolívia (figuras 2 e 3). As partes utilizadas são folhas, cascas e raízes, e na medicina popular seus usos são atribuídos a seus efeitos cicatrizante, antiinflamatório, anti asmático e contraceptivo, entre outros. Esta planta consta na Relação de Medicamentos Essenciais (RENAME) do ano de 2018 e tem seu emprego medicinal validado como coadjuvante no tratamento de úlceras e gastrites, além de ser antidiarréico (GOUVEIA; SIMONATO, 2018). Os taninos condensados monoméricos e diméricos são constituintes majoritários de extratos aquosos das folhas dessa espécie, além de flavonoides, alcaloides e terpenos (SIMÕES et al., 2017).

b) Hamamélis (*Hammamelis virginiana* L.): Planta da família Hamamelidaceae muito comum nos Estados Unidos, é um arbusto ou árvore pequeno parecido com o avelã. A droga, de cor verde ou marrom, possui sabor ligeiramente adstringente. As partes utilizadas são folhas e cascas, onde as primeiras contêm uma média de 10% de taninos, além de óleo essencial e glicosídeos. As cascas, por sua vez, são ricas em taninos, majoritariamente o hamamelitanino. Essa planta é empregada no tratamento de hemorroidas, na cura de feridas, incluindo herpes tipo 1 e 2, e na indústria cosmética. Além disso, já foram constatadas *in vitro* as atividades bactericida e moluscicida do extrato dessa planta (BRUNETON, 2001).

c) Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville): Planta da família Leguminosae, ocorre no Cerrado brasileiro. Caracteriza-se por ser um arbusto ou árvore pequena. As partes utilizadas são cascas e folhas, onde o chá da casca e o extrato alcoólico são utilizados no tratamento de infecções vaginais, hemorragia, diarreia, úlcera de pele, entre outros. Tem destaque nas indústrias de curtimento de peles e couros finos, devido a grande quantidade de substâncias com essa capacidade e na terapêutica é essencialmente cicatrizante. Os taninos são os principais constituintes desse vegetal, conferindo à planta proteção contra insetos. Além destes, foram descritas a presença de alcaloides, flavonoides, terpenos e esteroides (FERREIRA; SILVA; SOUZA, 2013; OLIVEIRA; VANZELER; CHIG, 2014).

d) Pitangueira (*Eugenia uniflora* L.): Planta da família Myrtaceae, caracteriza-se por ser uma árvore de pequeno porte que ocorre nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Muito conhecida por seus frutos comestíveis e emprego na terapêutica popular, já foram relatadas diversas atividades biológicas desta espécie, como anti-diarréica, em decorrência principalmente dos taninos, anti-diabética, diurética e anti-reumática. As folhas são ricas em taninos hidrolisáveis, além de fontes de óleos voláteis, flavonoides glicosilados, galocatequina e antraquinonas (BEZERRA, 2016; SIMÕES et al., 2017).

e) Goiabeira (*Psidium guajava* L.): Planta da família Myrtaceae, presente em todas as regiões do Brasil e conhecida popularmente como goiabeira-vermelha, goiabeira-branca, araçá-das almas, araçaiá, goiaba-maçã, dentre outras denominações (AGUIAR et al, 2018; TROPICOS, 2020). As suas folhas, brotos, cascas, raízes e flores são usadas na preparação de chás, infusões, decocções, extratos, pastas ou colocados aquecidos diretamente sobre a pele. São popularmente utilizados no tratamento de distúrbios respiratórios, diabetes, hipertensão, bem como com funções analgésica, antipirética, anti-inflamatória, cicatrizante e antimicrobiana. (AGUIAR et al, 2018). Em sua constituição fitoquímica, o fruto contém taninos, além de flavonoides, óleos essenciais, álcoois sesquiterpenoides e ácidos triterpenoides (HAIDA et al., 2015). Nas folhas e no caule da planta também pode-se encontrar taninos, embora em porcentagens relativamente pequenas (ALVES et al., 2006).

REFERÊNCIAS

ALCANFOR, J. D. X. et al. **Plantas moluscicidas no controle dos caramujos transmissores da esquistossomíase, com ênfase na ação de taninos.** Revista de Patologia Tropical, v. 30, n. 2, p. 167-175, 2001.

ALVES, P. M.; LEITE, P. H. A. S.; PEREIRA, J. V. et al. **Atividade antifúngica do extrato de *Psidium guajava* Linn. (goiabeira) sobre leveduras do gênero *Candida* da cavidade oral: uma avaliação in vitro.** Revista Brasileira de Farmacognosia, vol. 16, nº 2, p. 192-196, 2006.

AGUIAR R., A. L.; DODOU, H. V.; SALES, G. W. P. et al. **Atividade antimicrobiana do extrato de *Psidium guajava* L. e sinergismo com antimicrobianos convencionais.** Revista Cubana de Plantas Medicinales, [S.l.], v. 24, n. 1, nov. 2018. ISSN 1028-4796. Disponível em: <<http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/741/358>>. Fecha de acesso: 04 oct. 2020.

ARACRI, F. M. **Produção de tanases por biofilmes de *Aspergillus ochraceus* e potencial de aplicação.** Dissertação: Mestrado - Universidade Estadual Paulista. Instituto de Química, 2019.

BATTESTIN, V.; MATSUDA, K. L.; MACEDO, A. G. **Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos.** Alimentos e Nutrição, v.15, n.1, p. 63-72, 2004.

BEZERRA, I. C. F. **Investigação fitoquímica de extrato bruto e frações das folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitangueira).** Dissertação: Programa de Pós-Graduação em Inovação Terapêutica. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

BLANCO, L. M.; MINHONI, R. T. A.; COSTA, G. H. G. **Extrato De Acácia Negra no tratamento primário de água fluvial**. *Envir.* v. 1, n. 1, Nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada nº. 10 de 10 de março de 2010. Dispõe sobre a notificação de drogas vegetais junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e dá outras providências**. Brasília: ANVISA, 2010.

BRUNETON, J. **Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales**. 2. ed. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S. A., 2001.

CALEGARI, L.; LOPES, P. J. G.; OLIVEIRA, L. et al. **Quantificação de taninos nas cascas de jurema-preta e acácia-negra**. *Pesq. flor. bras.*, v. 36, n. 85, p. 61-69, 2016.

CAMPOS, L. S.; PEREIRA, D. J.; COELHO, S. P. A. et al. **Atividade antifúngica de tanino em sementes de feijão-jalo**. In: *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia/ CONTECC*. Palmas, Tocantins, 2019.

CARNEIRO, A.C.O., “**Efeito da hidrólise ácida e sulfitação de taninos de *Eucalyptus grandis* W.Hillex Maiden e *Anadenanthera peregrina* Speg, nas propriedades dos adesivos**”. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

CASALE, F. M.; VALENTINI, S. A.; **Controle de Qualidade de formas farmacêuticas tópicas utilizando diferentes extratos vegetais**. *Revista Iniciar*, v. 2, n. 1, p. 36-48, 2017.

CATELANI, T. A. **Desenvolvimento de métodos analíticos ambientalmente amigáveis para a determinação de taninos hidrolisáveis, compostos antioxidantes e aminoácidos em alimentos**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Araraquara-SP. 2017.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 3rd. ed., John Wiley & Sons Ltd., 2009.

FERREIRA, E. C.; SILVA, J. L. L.; SOUZA, R. F. **As propriedades medicinais e bioquímicas da planta *Stryphnodendron adstringens* “barbatimão”**. *Perspectivas Online: Ciências Biológicas e da Saúde*, vol. 11, n. 3, p. 14-32, 2013.

GOUVEIA, G. D. A.; SIMIONATO, C. **Memento fitoterápico para prática clínica na AB [recurso eletrônico]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

GRASEL, S.; FUCK, W. F.; GRAEFF, J. et al. **Development of products from *Acacia mearnsii*: a case of sustainability in the leather industry**. *Journal of AQEIC*, p. 12-22, 2015

HAGERMAN, A. E.; ZHAO, Y.; JOHNSON, S.; **Antinutrients and Phytochemicals in Food.**, v. 12, p. 209. 1997.

HAIDA, K. S.; HAAS, J.; MELLO, S. A. et al. **Compostos fenólicos e atividade antioxidante de goiaba (*Psidium guajava* L.) fresca e congelada**. *Revista Fitos*, vol. 9, nº 1, p. 1-72, 2015.

ISAZA M. J. H. **Taninos o polifenoles vegetales**. Scientia et Technica Año XIII, No 33, Mayo de 2007. UTP. ISSN 0122-1701 .

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S. et al. **Química Verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii***. Rev. Virtual Quim. vol 6, nº. 1(2-15), 2014.

MATOS, F. J. **Introdução à fitoquímica experimental**. 3ª ed. Fortaleza: Editora da UFC; 2009.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. M. et al . **Taninos: uma abordagem da química à ecologia**. Química Nova, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005

OLIVEIRA, S. S.; VANZELERA, M. L. A.; CHIG, L. A. **Plantas medicinais: el uso de barbatimão - *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville**. Uniciências, v. 18, n. 2, p. 115-122, 2014.

PEREIRA, A. V.; AZEVEDO T. K. B.; SANTANA, G. M. et al. **Análise da atividade antimicrobiana de taninos totais de plantas aromáticas do Nordeste brasileiro**. Revista AGROTEC, v. 36, n. 1, p. 109-114, 2015

PERONI, B. L.; CAMPOS, L.; SANTOS FILHO, P. R. A. et al. **Extração do tanino a partir da casca de coco verde (*Cocos nucifera*) e síntese do poliestireno sulfonado de copos plásticos**. Braz. J. of Develop., v. 5, n. 10, p. 21316-21330, 2019.

PINHEIRO, A. C. **Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com dietas contendo tanino**. Dissertação de Mestrado: Programa de Pós- Graduação em Zootecnia. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

PIZZI, A. **“Tannins: major sources, properties and applications”**. In: BELGACEM; GANDINI(Eds.). Monomers, polymers and composites from renewable resources. Elsevier: Amsterdam, 2008.

ROCHA, M. C. **Caracterização funcional do mutante pkcAG579R que codifica o homólogo da proteína quinase C no fundo patogênico *Aspergillus fumigatus***. (Dissertação), Programa de Pós-Graduação em Genética e Evolução, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

ROCHA, W. S. R.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B. et al. **Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado**. Revista Brasileira de Fruticultura, vol. 33, n. 4, p. 1214-1221, 2011.

ROZENO, N. S.; RIBEIRO, E. A. M.; CANOBRE, S. C. et al. **Investigação de tanino como coagulante primário associado à poliacrilamida para tratamento de efluente de biodiesel**. In: XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental, Blucher Engineering Proceedings, vol. 3, 2016, p. 27-38. ISSN: 2357-7592,

SANTIAGO, M. C. P. A.; ANJOS, M. R.; JESUS, M. S. C. et al. **Análise e caracterização de taninos condensados por cromatografia líquida**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 8, p. 61446- 61462, 2020.

SANTOS, D. Y. A. C. **Botânica aplicada: metabólitos secundários na interação planta-ambiente**. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. São Paulo, 2015.

SCHNEIDER P. R.; CAMILLO S. B. A.; FINGER C. A. et al. **Determinação de equações da produção de tanino de acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild.** Ciência Florestal, Santa Maria, 1999.

SILVA, M. P.; COSTA-NETO, C. O.; AZEVEDO, P. S. S. et al. **Biomateriais e suas atividades sobre proteínas quinases: características químicas e funcionais.** Boletim Informativo Geum, v. 7, n. 2, p. 16-23, 2016.

SILVA, T. C.; ARAÚJO, E. C. G.; LINS, T. R. S. et al. **Determinação dos teores de taninos na casca de galhos de três espécies arbóreas da caatinga.** In: Anais do III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. Florianópolis, Santa Catarina, 2017.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. **Aspectos nutricionais de fitatos em taninos.** Rev. Nutr., Campinas, vol. 12, nº 1, p. 5-19, 1999.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P. et al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento.** Porto Alegre: Artmed, 2017.

SOARES, N. P.; SANTOS, P. L.; VIEIRA, V. S. et al. **Técnicas de prospecção fitoquímica e sua importância para o estudo de biomoléculas derivadas de plantas.** Enciclopédia Biosfera, v. 13, n. 24, p. 991-1010, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4. ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

TROPICOS. Missouri Botanical Garden. ***Psidium guajava* L.** 2020. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/22101794>>. Acesso em 04/10/2020.

VACA-SÁNCHEZ, M. S.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; MALDONADO-LÓPEZ, Y. et al. **Importância de los taninos en especies del género *Quercus* como metabolitos secundarios asociados a defensa contra insectos herbívoros.** Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo., vol. 18, nº 1, p. 10-20, 2016.

CAPÍTULO 5

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

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 02/11/2020

Claudio Roberto Oliveira Gomes

Universidade Federal Delta do Parnaíba (UFDPar), Campus Parnaíba, Herbário Delta do Parnaíba, Parnaíba – PI
<https://orcid.org/0000-0002-1382-5250>

Maria Francilene Souza Silva

Universidade Federal do Ceará (UFC), Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), Fortaleza – CE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4509-1159>

Marleide de Sousa Chaves Rêgo

Universidade Estadual do Piauí, Campus de Campo Maior, Campo Maior - PI <https://orcid.org/0000-0002-3238-1763>

Maria de Fátima de Oliveira Pires

Universidade Estadual do Piauí (UFPI), Campus Poeta Torquato Neto, Centro de Ciências da Natureza, Laboratório Biologia Vegetal – LABIOVEG/ GERATEC, Teresina – PI
<http://lattes.cnpq.br/4735471442330784>

Ivanilza Moreira de Andrade

Universidade Federal Delta do Parnaíba (UFDPar), Campus Parnaíba, Herbário Delta do Parnaíba, Parnaíba – PI
<https://orcid.org/0000-0001-6059-8540>

RESUMO: Objetivou-se caracterizar a anatomia e a histoquímica dos órgãos vegetativos de *Pistia stratiotes* L. (Araceae) ocorrentes no

rio Igarauçu, Parnaíba, Piauí, Brasil. A espécie apresenta folhas anfiestomáticas com estômatos anomocíticos em grande quantidade. A epiderme adaxial e abaxial são unisseriadas com tricomas tectores pluricelulares. O mesofilo é composto por parênquima regular e lacunoso, aerênquimas abundantes e feixes vasculares colaterais. Cristais de oxalato de cálcio ocorrem em idioblastos em forma de ráfides, drusas e prismáticos, estando presentes tanto na epiderme quanto no mesofilo. Na raiz, a epiderme é unisseriada com células irregulares, córtex externo formado por células hexagonais e córtex mediano com aerênquimas abundantes interpolados por septos de células irregulares dispostos radialmente. Os testes histoquímicos na lâmina foliar evidenciaram a presença de amido, mucilagem, tanino e lignina, enquanto na raiz foi detectado apenas lignina e mucilagem. A presença de tricomas na superfície da folha e a presença abundante de aerênquima na folha e raiz são estruturas morfológicamente adaptadas a flutuabilidade de *P. stratiotes*, fundamentais para o seu estabelecimento e desenvolvimento em habitats aquáticos.

PALAVRAS - CHAVE: Habitat aquático, fitorremediação, macrófitas, monocotiledôneas

ANATOMICAL AND HISTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF *PISTIA STRATIOTES* L. (ARACEAE) OCCURRING IN THE IGARAÇU RIVER, PIAUÍ, BRAZIL

ABSTRACT: The study aimed to describe the morphology and anatomy of the vegetative organs of the floating aquatic species *Pistia stratiotes* L. (Araceae) collected in the Rio Igarauçu, Parnaíba, Piauí State, Brazil. The

species presents amphistomatic leaves with anomocytic stomata in great quantity. The adaxial and abaxial epidermis are uniseriate with multicellular trichomes. The mesophyll is composed of undifferentiated spongy parenchyma with abundant aerenchyma and collateral vascular bundles. Calcium oxalate crystals occur in idioblasts containing raphides, druses or prisms, being present in both the epidermis and mesophyll. In the root the epidermis is uniseriate with irregularly shaped cells, the outer cortex is composed of hexagonal cells, and the central cortex has abundant aerenchyma divided by septa composed of irregularly shaped, radially arranged cells. Histochemical tests on the leaf blade showed the presence of starch, mucilage, tannin and lignin, while in the root only lignin and mucilage were detected. The presence of trichomes on the leaf surface and the abundant presence of aerenchyma on the leaf and root are structures morphologically adapted to the buoyancy of *P. stratiotes*, which are fundamental for its establishment and development in aquatic habitats.

KEYWORDS: Aquatic habitats, phytoremediation, macrophytes, monocots.

INTRODUÇÃO

Pistia L., pertencente à família Araceae, se destaca pelo o seu caráter monotípico, tendo *Pistia stratiotes* L. como único representante, distribuição pantropical e subtropical e conhecida popularmente como alface-d'água “laitue d'eau”, “pistie”, “lechuguilla de agua”, “lechuguita de agua”, “repollo de agua” (CÍCERO *et al.*, 2007; HOWARD, 2011). É caracterizada por hábito herbáceo e de pequeno porte, caule muito curto ou acaulescente, estolonífera, com folhas em rosetas, densamente pubescente, lâmina esponjosa, inflorescência solitária, flores unissexuais, sem perigônio e fruto do tipo baga (MAYO *et al.*, 1997). É natural do continente sul-americano, embora em decorrência do caráter ornamental de sua folhagem tenham sido introduzidas em vários locais do mundo (CÍCERO *et al.*, 2007).

Pistia stratiotes é uma macrófita aquática de hábito flutuante, pouco exigente, encontrada em ambientes completamente alagados, lagoas e poços de água doce e com boa insolação (ESTEVES, 1998). Esses ambientes podem ser eutrofizados, se comportando como daninhas, ou não, e a disponibilidade de nutrientes local influencia o tamanho da planta (SILVA, 1981) e a multiplicação assexuada com separação dos brotos em torno da planta mãe. Assim, estudos tem demonstrado que *P. stratiotes* apresenta diversas adaptações morfológicas e fisiológicas, para poder sobreviver em ambiente adverso (LEMON; POSLUSZNY, 2000) e controle e erradicação da espécie (SILVA, 1981).

Em ambientes poluídos é utilizada como bioindicadora de poluição devido a sua capacidade de absorção e acúmulo de substâncias orgânicas presentes nesses ambientes. Vários estudos (BERTOLDO *et al.*, 2004; SUDHENDU, 2011; FARNESE *et al.*, 2014; PINTO, 2016, ZAHOOOR *et al.* 2018; RODRIGUES *et al.*, 2020) têm avaliado a capacidade fitorremediadora para metais pesados de águas poluídas, como cromo, fósforo, enxofre e nitrogênio. Tem sido utilizada ainda em associação com *Eichhornia crassipes* Kunth

(Pontederiaceae) no tratamento dos efluentes aquáticos resultantes da carcinocultura, na remoção de nitrogênio e fósforo (ZIMMELS *et al.*, 2006; HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008; ALVES *et al.*, 2020).

Na medicina popular, o extrato de folhas de *P. stratiotes* tem comprovada atividade anti-helmíntica (KUMAR *et al.*, 2010), antidiabética e diurética (NETO, 2006; TRIPATHI, 2011). Suas folhas são utilizadas como chá para cólica menstrual, como valiosas fontes de vitaminas A, B e C, além de minerais, tais como o potássio (NAPLES; KESSLER, 2005) e no tratamento de problemas visuais na forma de colírio (MEDEIROS *et al.*, 2005), sendo por isso, recomendado maiores estudos da espécie como fonte potencial de compostos bioativos (TRIPATHI, 2011).

O estudo da biologia e ecologia de espécies de macrófitas que colonizam ecossistemas aquáticos tropicais ainda é raro, mesmo considerando a sua importância e impactos sobre as comunidades aquáticas e atividades do homem (CÍCERO *et al.*, 2007, DOLABELA, 2015, HARTHMAN *et al.*, 2019). Considerando que analisar a estrutura interna dos vegetais é de fundamental para o entendimento de processos vitais do desenvolvimento das diferentes partes da planta e do comportamento ecológico, trabalhos anatômicos sobre esta espécie são ainda escassos (HARTHMAN *et al.*, 2019), embora possam ser citados os de Keates *et al.* (2000), Nakata (2003) e Volk *et al.* (2004) que tratam da formação e função dos idioblastos; o de Shah e James (1971) sobre as características dos feixes vasculares; Silva (2013), Fanese (2014) e Akapo *et al.* (2011) que demonstraram alterações reprodutivas, celulares e anatômicas em *Pistia* expostas ao Cádmiio, arsênio, e petróleo bruto, respectivamente; e o de Harthman *et al.* (2019) sobre a morfoanatomia dos órgãos vegetativos. Ribeiro *et al.* (2020) demonstraram a importância de estudos anatômicos em *Pistia stratiotes* como bioindicadora da presença de herbicidas.

Diante do exposto, objetivou-se descrever as características anatômicas dos órgãos vegetativos de *P. stratiotes* ocorrentes no rio Igarapu, Piauí, Brasil, buscando contribuir para o conhecimento da sua estrutura nesse ambiente natural e peculiar, bem como da flora piauiense.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas no Rio Igarapu, mais especificamente ao longo das margens da “Lago do Bebedouro” (02°55′39.73”S e 41°46′21.21”W) (Fig. 1).



Fig. 1 A-B *Pistia stratiotes* L. **A.** Hábito da planta. **B.** População em ambiente natural.

O rio Igarçu localiza-se no município de Parnaíba, Piauí, numa altitude de 5 m acima do nível do mar, temperatura média entre de 20°C 32°C, clima tropical quente e precipitações anuais entre 800 a 1.600 mm e assim definida pelo Regime Equatorial Marítimo seis meses chuvosos e o período restante do ano de estação seca (AGUIAR; GOMES, 2004).

Fragmentos de folhas e raízes totalmente desenvolvidas foram fixados em FAA 50% (formalina, ácido acético) (JOHANSEN, 1940) e posteriormente armazenados em álcool 50%.

Para análise em microscopia óptica, cortes histológicos foram feitos à mão livre com o auxílio de lâminas de barbear. Para o estudo da folha foram realizadas seções paradermicas e transversais da região mediana e ápice da lâmina e para as raízes, foram realizados cortes transversais da região mediana e apical. Os cortes obtidos foram clarificados com hipoclorito de sódio 50%, submetidos a coloração com safranina e azul de metileno azul de toluidina e montados em lâminas semipermanentes com glicerina a 50%.

Seções do material fresco foram tratadas com reagente lugol para detecção de amido sulfato ferroso para compostos fenólicos (tanino) e fluoroglucinol acidificado para lignina (JOHANSEN, 1940); azul de metileno para mucilagem (SALATINO; SILVA, 1975); e ácido tânico/tricloreto de ferro (PIZZOLATO; LILLIE, 1973). Para confirmação da natureza dos cristais, ácido clorídrico 10% para oxalato de cálcio e ácido sulfúrico 10% para carbonato de cálcio (CHAMBERLAIN, 1932). As análises e obtenção das fotomicrografias foram obtidas com o auxílio do microscópio óptico *Instrutherm* com câmera digital *Canon Powershot A640* acoplada, utilizando as objetivas de 4x, 10x e 40x.

Voucher do material testemunho está depositado no acervo do Herbário HDELTA – Delta do Parnaíba- UFPI, sob o número de registro HDELTA-0268.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pistia stratiotes em vista paradérmica das folhas, as células epidérmicas apresentam contorno hexagonal com ângulos retos e paredes anticlinais retas. Cristais de oxalato de cálcio em forma de prisma foram observados em ambas as faces, abaxial e adaxial. A folha é anfiestomática apresentando estômatos paracíticos (Fig. 2A). A epiderme é unisseriada em ambas as faces e formada por células de formato tabular. Tricomas pluricelulares unisseriados foram observados em ambas faces epidérmicas (FIG 2D, 2E- 2F, 2G).

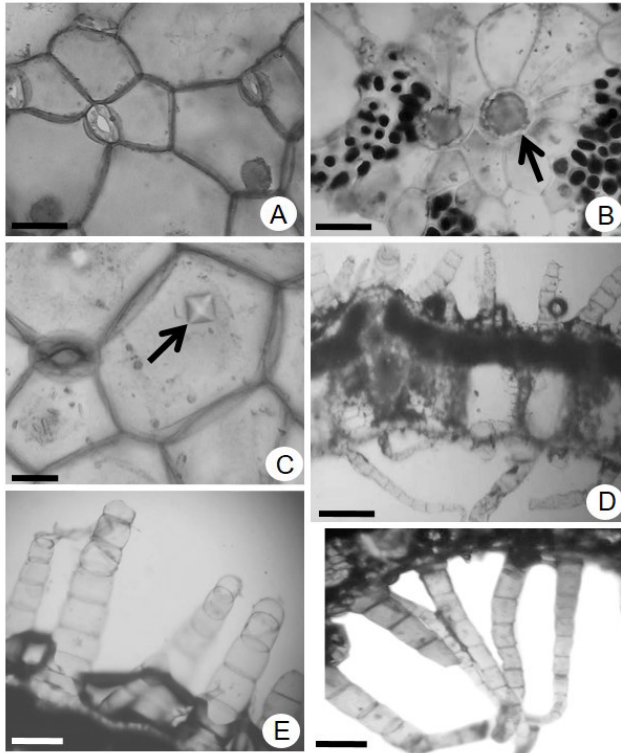


Fig. 2 A-G Lâmina foliar de *P. stratiotes* L. **A.** estômatos anomocíticos na face abaxial; **B.** Drusas; **C.** Evidenciando cristal prismático (seta). **D.** variação do número de tricomas nas faces; **E** Face adaxial; **F.** Face abaxial; **G.** Detalhe do tricoma tector. Figs. A, B e G (barra=50µm); C (barra=20µm); D (barra=150µm) e E, F (barra=100µm).

O mesofilo dorsiventral é constituído por parênquima paliçádico na face adaxial e aerênquima delimitando amplas lacunas na face abaxial. O parênquima paliçádico é rico em cloroplastos e neste ocorrem idioblastos contendo drusa e ráfides, estes últimos bastantes alongados se projetam para o interior das cavidades do aerênquima (Fig. 3A, 3B, 3C). Na região mediana e na margem da lâmina foliar foi observada a presença de feixes

vasculares do tipo colateral do parênquima paliçádico e aerênquima. Estes feixes estão envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas amplas e de paredes espessadas, onde drusas estão associadas (Fig. 3D, 3E, 3F).

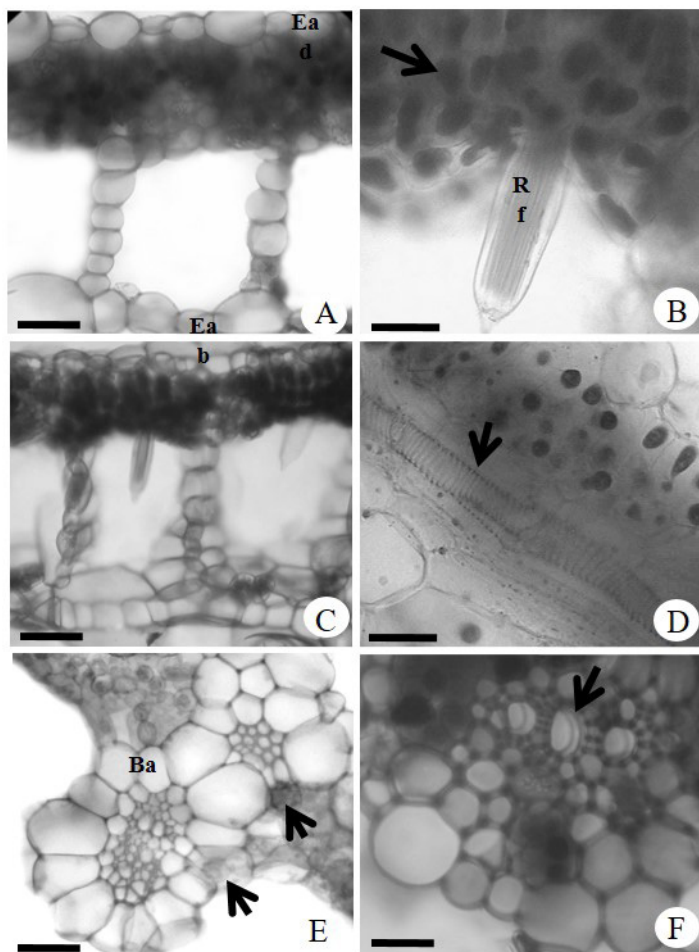


Fig. 3 A-F Lâmina foliar de *Pistia stratiotes* L. **A.** Evidenciando cloroplastos (seta) e idioblasto no aerênquima; **B.** Epiderme unisseriada; **C.** Disposição anticlinal das células do parênquima indiferenciado e lacunoso; **D.** Feixe vascular helicoidal; **E.** detalhe do metaxilema no feixe da margem foliar; **F** - células endodérmicas da bainha parenquimática que protegem o feixe vascular. **Rf**: râfides; **Ead**: epiderme abaxial; **Eab**: epiderme abaxial. Figs A, D, E e F (barra=50µm); B e C (barra=100µm).

Na região mediana e na margem da lâmina foliar foi observada a presença de feixes vasculares do tipo colateral do parênquima paliçádico e aerênquima. Estes feixes estão envolvidos por uma bainha de células parenquimáticas amplas e de paredes espessadas, onde drusas estão associadas (Fig. 3D, 3E, 3F). Feixes colaterais são relatados para toda a família Araceae (FRENCH; TOMLINSON, 1981). Tratamentos com metais pesados

geralmente resultam na aparência de características xerófilas na estrutura das folhas, como aumento da espessura da folha e parênquima paliçádico abundante (SHI; CAI, 2009), característica presente em *Pistia* pode está relacionada com o ambiente eutrofizados no qual a mesma foi coletada.

Em geral, as macrófitas aquáticas completamente submersas são destituídas de estômatos, enquanto em plantas parcialmente submersas com folhas flutuantes, os estômatos localizam-se na superfície adaxial (ESPINDOLA, 2007). O tipo mais comum de estômatos encontrados em Araceae é do tipo paracítico e tetracítico. Keating (2002) registrou distribuição epistomática para *P. stratiotes* (“largely epistomatic”) e estômatos anomocíticos nos gêneros *Biarum* Schott, *Dracunculus* Mill., *Lemna* L., *Orontium* L., *Spirodela* Schleid., *Wolffia* Horkel ex Schleid e *Wolffiella* Hegelm., mas não em *Pistia*. Grayum (1990), por sua vez, registrou estômatos anomocíticos apenas para *Pista stratiotes*, todos os gêneros da tribo Orontieae (GREAR, 1973) e algumas espécies de *Arisaema* (DAHLGREN *et al.*, 1985), corroborada com nossas observações.

Os tricomas ocorrentes em ambas as superfícies da lâmina de *P. stratiotes* formam uma camada hidrofóbica. A presença de pelos hidrofóbicos, muito próximos entre si na sua superfície de *Pistia* dificulta o umedecimento e a submergência (KEATING, 2003, CUTLER *et al.*, 2011). Em estudo realizado por Farnese (2014), as seções transversais das folhas de alface d’água mostraram um aumento do número de camadas no parênquima paliçádico e a quantidade de tricomas, estando relacionado com a plasticidade da planta e sua capacidade de resistência ao estresse hídrico.

Idioblastos com cristais de oxalato de cálcio ocorrem em ambas as faces do mesofilo. As drusas são mais raras nas monocotiledôneas e são escassos os relatos de distribuição desses cristais nessas plantas, embora cristais de drusa de *Acorus* L. sejam bastante comuns, principalmente em tecidos aerênquimais (GRAYUM, 1990). Em alguns gêneros como *Aglonomena* Schott, *Alocasia* G.Don, *Anthurium* Schott, *Colocasia* Schott, *Dieffenbachia* Schott, *Philodendron bipinatifidum*, *Pistia* L., etc. drusas ocorrem associadas a ráfides (GENUA; HILLSON, 1985).

O desenvolvimento de idioblastos contendo ráfides e cristais tem sido relatado por Samuels (1923), Becker e Ziegenspeck (1931), Rambour (1965), Mollenhauer e Larson (1966), Rakovan, Kovacs e Szujko-Lacza (1973), Kovacs e Rakovan (1975), Hinchee (1981), Seubert (1993), dentre outros. Cristais minerais são tidos tanto como produtos residuais quanto para proteção da planta contra herbívoros (ESAU 1965, MADISON, 1979). Cristais de oxalato de cálcio em Araceae ocorrem mais comumente em forma de ráfides e drusas, menos comum na forma prismática (SEUBERT, 1993; MAYO *et al.*, 1997). Estes cristais também tem sido reportados também para *Montrichardia linífera* (Arruda) Schott e *Dieffenbachia picta* Schott (MACEDO *et al.*, 2005; FERREIRA *et al.*, 2006; MANTOVANI *et al.*, 2010). Ráfides e monocristais tóxicos também foram encontrados em outros representantes da família, como comigo-ninguém-pode (*Dieffenbachia picta* (L.) Schott) e copo-de-leite

(*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng) (ROCHA *et al.*, 2006). Em *Dieffenbachia picta* Schott (Araceae) o maior número de idioblastos cristalíferos foi observado no caule aéreo, sendo este, portanto, o órgão que mais representa perigo causando irritação mecânica e química (FERREIRA *et al.*, 2006).

A raiz, em seção transversal, apresenta epiderme unisseriada formada por células de formato retangular e com paredes anticlinais espessadas (Fig. 4A). Logo abaixo desta, nota-se a presença de uma hipoderme, também unisseriada, com espessamentos nas paredes anticlinais. O córtex é formado por cerca de quatro a cinco camadas de células justaposta e de formato hexagonal (Fig. 4B); a região mediana é constituída por quatro camadas de célula que apresentam amplos espaços intercelulares, que armazenam ar e são delimitados por septos formados por aproximadamente sete células, dispostas radialmente, apresentando ráfides e drusas em seu interior (Fig. 4C).

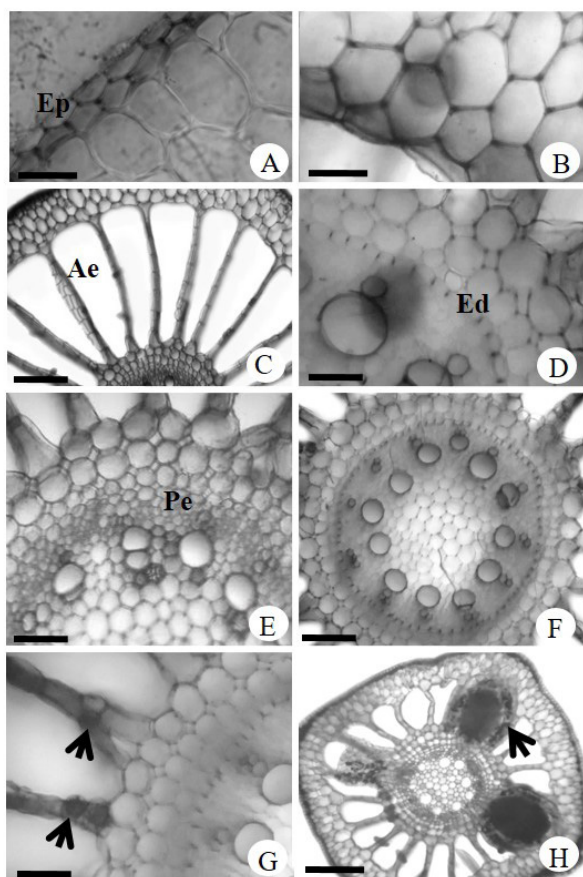


Fig. 4. Cortes transversais da raiz de *P. stratiotes*. **A.** Epiderme unisseriada; **B.** células hexagonais do córtex; **C.** aerênquimas; **D.** estrias de Caspary; **E.** Periciclo; **F.** Metaxilema e protoxilema; **G.** xilema central e floema periférico; **H.** Drusas nos septos e nas células braciformes. **Ep:** epiderme; **Ae:** Aerênquima; **Ptx:** protxilema; **Mtx:** metaxilema. Figs A e B (barra=50µm); C - H (barra=100µm).

A endoderme unisseriada é constituída por células achatadas de paredes espessadas, apresentando as típicas estrias de Caspary formadas por lignina e suberina (Fig. 4D). Mais internamente, o periciclo, por sua vez, mostra-se unisseriado e formado por células com formato variado, disposto em forma de círculo contínuo sobre a região medular (Fig. 4E). Idioblastos contendo ráfides, também estão presentes no aerênquima, posicionados em direção as cavidades delimitadas por este tecido, na porção media do córtex. Os elementos vasculares como metaxilema apresentam maior calibre que os elementos do protoxilema (Fig. 4F). Também foi visualizada a presença de drusas e células brachiformes junto aos septos (Fig. 4G). Em secções transversais, observou-se próximo ao cilindro central primórdios de raízes laterais (Fig. 4H).

A coifa na espécie estudada apresenta-se desenvolvida. Esta é uma estrutura protetora do meristema apical, ajudando na penetração da raiz no solo. Plantas aquáticas possuem frequentemente coifas muito desenvolvidas, como por exemplo, a espécie estudada e *Eichhornia spp.* (ESAU, 1974).

Os aerênquimas de *P. stratiotes*, tanto nas raízes como nas folhas, são formados por processos esquizogênicos (FRENCH, 1997). Espaços intracelulares forma descritos por Thomaz e Bini (2003) como chegando a ocupar 71% do volume da planta de *P. stratiotes*, corroborando com Esteves (1998) que encontrou mais de 70% do volume das plantas aquáticas ocupado por ar.

As células da endoderme dividem-se anticlinalmente em relação às células epidérmicas da região apical da raiz (FAHN, 1990) e estrias de Caspary está presente nas raízes de todas as aráceas, o que caracteriza nestas o espessamento e a suberização. O periciclo da região medular pode estar presente ou ausente em Araceae (FRENCH, 1997). Fahn (1990) comenta que o periciclo geralmente consiste em uma ou mais camadas de células parenquimáticas de paredes finas. A região medular neste estudo tem formato cilíndrico, concordando com French (1997). E segundo este autor, a origem das raízes laterais em *P. stratiotes* tende a surgir com regularidade ao longo do comprimento dos fios do xilema no cilindro central. Silva et al. (2014) detectou drusas e idioblastos cristalinos em raízes de *Pistia*, também pode ser observado espessamento da epiderme, exoderme e endoderme do raízes, reduções em número de idioblastos cristalinos em resposta à exposição ao cádmio, podendo ser explicadas pela diminuição da absorção de cálcio na presença desse poluente.

Compostos ergásticos, como taninos, oxalato de cálcio, mucilagem, amido e lignina presentes na folha; e mucilagem, taninos e lignina presente na raízes nas raízes foram identificados em *P. stratiotes*. Em Araceae mucilagem é limitada, sendo citada apenas para *Aglaonema* Schott, *Alloschemone* Schott, *Alocasia* (Schott) G. Don, *Anthurium* Schott, *Cercestis* Schott, *Colocasia* Schott, *Epipremnum* Schott, *Monstera* Adans., *Philodendron* Schott, *Remusatia* Schott, *Rhaphidophora* Poepp. e *Xanthosoma* Schott (MAYO et al., 1997).

Em secções paradérmicas da folha foi detectada a presença de tanino. Este composto fenólico em vegetais tem função de inibir herbívoros e ainda, combinado a algumas proteínas, confere aos tecidos resistência a forte putrefação (MONTEIRO *et al.*, 2005). Já o amido, encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais, principalmente como carboidrato de reserva, sendo abundante em grãos de cereais, tubérculos e raízes (WALTER *et al.*, 2005). A presença de amido foi também descrita em *Montrichardia linifera* por Macedo *et al.* (2005) e *Dieffenbachia* Schott por Ferreira *et al.* (2006), ambos gêneros de Araceae.

Pistia stratiotes mostra diversas adaptações, tanto anatômicas e morfológicas quanto fisiológicas, para poder sobreviver a este tipo de ambiente (LEMON; POSLUSZNY, 2000).

CONCLUSÃO

Pistia stratiotes apresentou estômatos anomocíticos em ambas as superfícies foliares, idioblastos com cristais de oxalato de cálcio em forma prismática, tricomas tectores ocorrendo em todas as fases do desenvolvimento foliar característica ainda não observada na espécie. Assim como em outros taxa da família, o sistema vascular é do tipo colateral e assim como às macrófitas, a presença de aerênquima em grande quantidade foram observadas na espécie estudada. Neste contexto, os dados aqui apresentados contribuem para o conhecimento biológico estrutural do táxon em estudo e fornecem informações relevantes para estudos ecológicos e farmacognósticos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo suporte financeiro para o projeto *Biodiversidade de Macrófitas Aquáticas do Delta do Parnaíba* (processo no. 503494-2009-7). Ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (ICMBio-SISBIO) e a equipe do projeto pelo auxílio nos trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. **Diagnóstico do Município de Parnaíba**. 2004. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/piaui/relatorios/150.pdf>. Acesso em: 12 abril 2020.

AKAPO, Akintunde Abdul-Rasaq; OMIDIJI, S. O.; OTITOLUJU, A. A. Morphological and anatomical effects of crude oil on *Pistia stratiotes*. **The Environmentalist**, v. 31, n. 3, p. 288-298, 2011.

ALVES, R.T.P.; DE ANDRADE, S.J.; FERNANDES, K.D. Interação das espécies *Echinochloa crusgalli* e *Pistia stratiotes* para fitorremediação de Levonorgestrel. **Scientia Plena**, v. 16, n. 4, 2020.

ANEELA, Zahoor et al. Contribution of structural and functional traits in turgor maintenance of *Pistia stratiotes* under cadmium toxicity. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 20, n. 6, p. 1391-1396, 2018.

BECKER, R.; ZIEGENSPECK, H. Die Zytologie und Entwicklung der Raphidenzellen und die Entstehung ihres Inhaltes bei *Cissus gonygloides* und *Monstera deliciosa*. **Botanical Archives**, v.33, p.81-96. 1931,

BERTOLDO, F.; RIGHES, A.A.; MORTARI, S. R. Qualidade da Água em um Afluente do Arroio Cadena em Santa Maria – RS. **Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, v.5, n.1, p. 51-65. 2004.

CHAMBERLAIN, C. J. **Methods in plant histology**. 5 ed. Illinois: University of Chicago. 86p. 1932.

CÍCERO, E. A. S.; PITELLI, R. A.; SENA, J. A. D.; FERRAUDO, A. S. Variabilidade Genética e Sensibilidade de Acessos de *Pistia stratiotes* ao Herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**. Viçosa-MG, v.25, n.3, p. 579-587. 2007.

CUTLER, D.F., BOTHA, T.; STEVENSON, D.W. **Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada**. Artmed, Porto alegre. 304 p. 2011.

DAHLGREN, R.M.T.; Clifford, H.T.; Yeo, P.F. **The families of the monocotyledons**. Springer-Verlag, Berlin. 501p. 1985.

DOLABELA, M.F. Uma revisão bibliográfica sobre Araceae com foco nos gêneros *Pistia*, *Philodendron* e *Montrichardia*: aspectos botânicos, fitoquímicos e atividades biológicas. **Revista Fitos Eletrônica**, v.8, n.2, p. 79-93. 2015.

ESAU, K. **Anatomia das Plantas com Sementes: 1-293**. Trad. 1973. Berta Lange de Morretes. Ed. Edgard Blucher, LTDA, São Paulo. 1974.

SPINDOLA, L. A. **Macrófitas aquáticas em duas lagoas marginais do rio Taquari, Coxim, MS, Brasil**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Fundação Universitária de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 47p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos em Limnologia**. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p., 1998.

FAHN, A. **Plant anatomy**: 1-588p. 4 ed. Pergamon Press, Oxford. 1990.

FARNESE, Fernanda dos S. et al. Evaluation of the potential of *Pistia stratiotes* L. (water lettuce) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. S108-S112, 2014.

FERREIRA, L.S.; MARSOLA, F.J.; TEIXEIRA, S.P. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Dieffenbachia picta* Schott (Araceae) com ênfase na distribuição de cristais, laticíferos e grãos de amido. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p. 664-670. 2006.

FRENCH, J.C.; TOMLINSON, P. B. Vascular patterns in stems of Araceae: subfamilies Colocasioideae, Aroideae and Pistioideae. **American Journal of Botany**, v.70, p. 756-771. 1983.

GENUA, J. M.; HILLSON, C. J. The occurrence, type and location of calcium oxalate crystals in the leaves of 14 species of Araceae. **Annals of Botany**, v. 56, p. 351-361, 1985.

GRAYUM, Michael H. Evolution and phylogeny of the Araceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 628-697, 1990.

GREAR JR, John W. Observations on the stomatal apparatus of *Orontium aquaticum* (Araceae). **Botanical Gazette**, v. 134, n. 2, p. 151-153, 1973.

HARTHMAN, V.C. *et al.* Morfoanatomia da raiz, caule e folha de *Pistia stratiotes* L. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 14, n. 2, p. 42-47, 2019.

HINCHEE, M.A.W. Morphogenesis of aerial and subterranean roots of *Monstera deliciosa*. **Bot. Gaz.** v. 142, p. 347-359. 1981.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CARCINICULTURA POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES. **REVISTA BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, v. 37, n. 2, p.181-188. 2008.

HOWARD. V. *Pistia stratiotes*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. 2011. Disponível em: <http://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID=1099>. Acesso em: 03 maio 2020.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique** 1-532. New York, Mcgraw-Hill. 1940.

KEATES, Sarah E. *et al.* L-Ascorbic acid and L-galactose are sources for oxalic acid and calcium oxalate in *Pistia stratiotes*. **Phytochemistry**, v. 53, n. 4, p. 433-440, 2000.

KEATING, R.C. **Anatomy of the monocotyledons IX**: 1-327. Acoraceae and Araceae. Clarendon Press, Oxford.[*Pistia*: pp.252-254]. 2002.

KEATING, R.C. Leaf anatomical characters and their value in understanding morphoclines in the Araceae. **Botanical Review**, v. 68, p. 510-523. 2003.

KUMAR, H.K.S.; BOSE, A.; RAUT, A.; SAHU, S.K.; RAJU, M.B.V. Evaluation of Anthelmintic Activity of *Pistia stratiotes* Linn. **Journal of Basic and Clinical Pharmacy**, v.1, n.2, p. 103-105. 2010.

LEMON, G.D.; POSLUSZNY, U. Shoot development and evolution in *Pistia stratiotes* (Araceae). **International Journal of Plant Sciences**, v.161, p. 721-732. 2000.

MACEDO, E.G.; FILHO, B.G.S.; POTIGUARA, R.C.V.; SANTOS, D.S.B. Anatomia e arquitetura foliar de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae): Espécie da Várzea Amazônica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: série Ciências Naturais**, p.19-43. 2005.

MANTOVANI, A.; FILARTIGA, A.P.; COELHO, A.N. ANATOMIA COMPARADA DA FOLHA E ESPATA DE ESPÉCIES DE *ANTHURIUM* (ARACEAE) OCORRENTES NA MATA ATLÂNTICA. **REVISTA BRASILEIRA DE BOTÂNICA**, v.33, n.1, p. 185-200. 2010.

MAYO, S.J.; BOGNER, J.; BOYCE, P.C. **The genera of Araceae**. Kew, Royal Botanic Gardens. 370p, 1997.

MEDEIROS, M.F.T.; SENNA-VALLE; L. ANDREATA, R.H.P. Flora Medicinal dos Sítios da RPPN Rio das Pedras, RJ, Brasil. **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, 106: 3-24, mar. 2005. Disponível em: <http://acd.ufrj.br/~museu/CP/P.Avulsas/PAvulsas2005/PA%20106.pdf>. Acesso em: 12 outubro 2020.

MOLLENHAUER, H.H.; LARSON, D.A. Developmental changes in raphide forming cells of *Vanilla planifolia* and *Monstera deliciosa*. **J. Ultrastr. Res.** v.16, p. :55-70. 1966.

MONTEIRO, J.M.; ALBUQUERQUE, U.P.; ARAUJO, E.L.; AMORIM, E.L.C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Quím. Nova**, v.28, n.5, p. 892-896, 2005.

NAKATA, P.; KOSTMAN, T.A.; FRANCESCHI, V.R. Calreticulin is enriched in the crystal idioblasts of *Pistia stratiotes*. **Plant physiology and biochemistry**, v. 41, n. 5, p. 425-430, 2003.

NAPLES, M.L.; KESSLER, P.J.A. Weeds of Rain Fed Lowland Rice Fields of Laos & Cambodia. 2005. Disponível em: <http://www.nationaalherbarium.nl/Riceweedsweb/www/pistia.htm>. Acesso em: 12 agosto 2020.

NETO, Germano Guarim. O saber tradicional pantaneiro: as plantas medicinais e a educação ambiental. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 17, 2006.

PINTO, L. É. S. Determinação da Potencialidade de Utilização da *Pistia stratiotes* como Agente Fitorremediador de Ambientes Naturais. **Revista Química: ciência, tecnologia e sociedade**, v.4, n.1, p. 784-795. 2016.

IZZOLATO, T.D.; LILLIE, R.D. Mayer's tannic acid-ferric chloride stain for mucins. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry** v.21, p. 56-64. 1973.

RAMBOUR, S. Quelques observations sur les cellules a raphides de *Spathiphyllum wallisii*. **Bulletin Sociedade Botanical Nordica French**, v.18, p.27-31. 1965.

RAKOVAN, J.N.; KOVACS, A.; SZUJKO-LACZA, J. Development of idioblast and raphides in the aerial root of *Monstera deliciosa*. **Act. Biol. Acad. Sci. Hung.** v.24, p.103-118. 1973.

RIBEIRO, VICTOR HUGO VIDAL *et al.* Morphoanatomical injuries in *Pistia stratiotes* L. (Araceae) as a result of exposure to clomazone in water. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.

ROCHA, L.D.; PEGORINI, F.; MARANHO, L.T. Organização Estrutural e Localização das Estruturas Tóxicas em Comigo-Ninguém-Pode (*Dieffenbachia picta* (L.) Schott) e Copo-De-Leite (*Zantedeschia aethiopia* (L.) Spreng.). **RUBS**, Curitiba, v.2, n.1, p. 54-63. 2006.

RODRIGUES, Ana Carolina Dornelas *et al.* Potential of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) for phytoremediation: physiological responses and kinetics of zinc uptake. **International Journal of Phytoremediation**, p. 1-9, 2020.

KOVACS, A.; RAKOVAN, J.N. Development of raphid idioblasts in the aerial root of *Monstera deliciosa* Lieb. **Acta Agron. Acad. Sci. Hung.** v.24, p. 39-51. 1975.

SALATINO, A.; SILVA, J. B. Anatomia de óleos essenciais das folhas de *Piper regnellii* (Miq.) C. D. C. var. *regnellii*. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, 3:95-106. 1975.

SAMUELS, J.A. A pathological anatomical study of crystal cyst formation in parenchymatous tissue in the genus *Anthurium*. **Annals of Botany**, v.37, p.159-181. 1923.

SEUBERT, E. **Die Samen der Araceen: Die Samenmerkmale der Araceen und ihre Bedeutung für die Gliederung der Familie**. 433p. Koeltz, Koenigstein. 1993.

SHAH, J.J.; JAMES, M.R. Some aspects of phloem structure in *Pistia stratiotes*. **Proceedings of the Indian national academy of sciences**, B, v.37, n.4, p. 131-139. 1971.

SHI, Gangrong; CAI, Qingsheng. Leaf plasticity in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in response to heavy metal stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 112-117, 2009.

SILVA, C.J. Observação sobre a biologia reprodutiva de *Pistia stratiotes* L. (Araceae). **Acta Amazônica**, v.11, n.3, p. 487- 504. 1981.

SILVA, Samara Arcanjo et al. Reproductive, cellular, and anatomical alterations in *Pistia stratiotes* L. plants exposed to cadmium. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 224, n. 3, p. 1454, 2013.

SUDHENDU, M. **Studies on the Toxicity of Chromium (VI) to *Pistia stratiotes* L. Plant and its Removal**, p. 1-7. 2011. Disponível em: http://wldb.ilec.or.jp/data/ilec/WLC13_Papers/others/38.pdf. Acesso em: 28 outubro de 2020.

VOLK, G.M.; GOSS, L.J.; FRANCESCHI, V.R. Calcium channels are involved in calcium oxalate crystal formation in specialized cells of *Pistia stratiotes* L. **Annals of Botany**, v. 93, n. 6, p. 741-753, 2004.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**: 1-341p. Maringá: EDUEM. 2003.

TRIPATHI, Pallavi. Diuretic activity of *Pistia stratiotes* leaf extract in rats. **Int Res J Pharm**, v. 2, n. 3, p. 249-251, 2011.

TRIPATHI, P.; KUMAR, R.; SHARMA, A.K.; MISHRA, A.; GUPTA, R. *Pistia stratiotes* (Jalkumbhi). **Pharmacognosy Review** v.4, n.8, p. 153-160. 2010.

ZIMMELS, Y.; KIRZHNER, F.; MALKOVSKAJA, A. Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel. **Journal of environmental management**, v. 81, n. 4, p. 420-428, 2006.

WALTER, M.; SILVA, L.P.; EMANUELLI, T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p. 974-980, 2005.

CAPÍTULO 6

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

Data de aceite: 04/01/2021

Jéssica Araujo

Universidade Federal do Delta do Parnaíba
- Campus Ministro Reis Velloso. Av. São
Sebastião, 2819. Bairro Reis Velloso, Parnaíba,
Piauí, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/2449066784517980>

Hermeson Cassiano de Oliveira

Universidade Estadual do Piauí - Campus
Heróis do Jenipapo. Av. Sto. Antônio s/n, Bairro
São Luis, Campo Maior, Piauí, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/2493854413893366>

Maria Helena Alves

Universidade Federal do Delta do Parnaíba
- Campus Ministro Reis Velloso. Av. São
Sebastião, 2819. Bairro Reis Velloso, Parnaíba,
Piauí, Brasil.
<http://orcid.org/0000-0003-0587-5546>

RESUMO: As briófitas são plantas pequenas e delicadas que habitam preferencialmente lugares úmidos e sombreados, possui alternância de gerações que correspondem às fases esporofítica e gametofítica. O objetivo deste estudo foi realizar o levantamento florístico de briófitas no Parque Ecológico “Cachoeira do Urubu”, Esperantina, Piauí, Brasil. Foram realizadas coletas no mês de Julho de 2015 e Maio e Outubro de 2016. Foram identificadas 13 táxons, distribuídos nas famílias: Bryaceae (1sp.), Bartramiaceae (1sp.), Calymperaceae (1sp.), Dicranaceae (1sp.), Fissidentaceae (2spp.), Pottiaceae (2spp.), Sematophyllaceae (1sp.), Stereophyllaceae (1sp.), Ricciaceae (2 spp.) and Notothyladaceae (1sp.). Taxons include references to descriptions, figures and geographic distribution. The study contributed to two new occurrences for the Piauí State.

Sematophyllaceae (1sp.), Stereophyllaceae (1sp.), Ricciaceae (2 spp.) e Notothyladaceae (1sp.). Os táxons são contemplados referências de descrições, figuras e distribuição geográfica. O estudo contribuiu com duas novas ocorrências para o Estado do Piauí.

PALAVRAS - CHAVE: Brioflora do Piauí, Norte do Piauí, Substrato briofítico, Unidade de Conservação.

BRYOPHYTES OCCURRING IN THE ECOLOGICAL PARK CACHOEIRA DO URUBU, ESPERANTINA-PIAUI, BRAZIL

ABSTRACT: Bryophytes are small and delicate plants that preferably inhabit humid and shaded places, alternating generations that correspond to the sporophytic and gametophytic phases. The objective of this study was to carry out the floristic survey of bryophytes in the Ecological Park “Cachoeira do Urubu”, Esperantina, Piauí State, Brazil. Collections were performed in July 2015 and May and October 2016. Thirteen taxa were identified, distributed in families: Bryaceae (1sp.), Bartramiaceae (1sp.), Calymperaceae (1sp.), Dicranaceae (1sp.), Fissidentaceae (2spp.), Pottiaceae (2spp.), Sematophyllaceae (1sp.), Stereophyllaceae (1sp.), Ricciaceae (2 spp.) and Notothyladaceae (1sp.). Taxons include references to descriptions, figures and geographic distribution. The study contributed to two new occurrences for the Piauí State.

KEYWORDS: Brioflora from Piauí, Northern Piauí, Bryophytic substrate, Conservation Unit.

1 | INTRODUÇÃO

As Briófitas compõem um grupo de pequenas plantas classificadas como avasculares devido à ausência do câmbio vascular e, dependendo da espécie, podem chegar a medir 40 cm. Este grupo de plantas é considerado o segundo maior depois das Angiospermas, conhecidas como plantas vasculares (BUCK; GOFFINET, 2000). Segundo Fudali (2000), são vegetais que se organizam em comunidades e crescem em diferentes substratos disponíveis no ambiente, como troncos e ramos de árvores (corticícolas), folhas (epífilas), troncos em decomposição (epíxilas), solo (terrícola), rochas (rupícola) ou sobre outras plantas (epífita), substratos estes que determinam os grupos briocenológicos.

As briófitas são encontradas preferencialmente em locais úmidos e sombreados, mas também nas formações vegetais de caatinga, presente inclusive no Piauí (MELLO; SALLES, 2004). Apresentam alternância de gerações, onde a fase gametofítica duradoura é responsável pela produção dos gametas masculinos e femininos (haploides) e a fase esporofítica (diploide) é efêmera e responsável por liberar os esporos (SANTOS; LISBOA, 2003).

O grupo das briófitas é considerado cosmopolita, estando amplamente distribuído desde o ártico até as florestas tropicais (GRADSTEIN et al., 2001). Segundo Costa e Luiz-Ponzo (2010), a ampla distribuição das briófitas pelo mundo se deve à sua capacidade de tolerar condições ambientais extremas, ocorrendo nos mais variados ecossistemas e em grande quantidade de habitats.

Segundo Gradstein et al. (2001), as briófitas estão classificadas em três filos: Marchantiophyta (hepática talosa e folhosa), Bryophyta (musgos) e Anthocerotophyta (antóceros). São de grande importância ecológica, especialmente como bioindicadores na contaminação por metais pesados e radioativos na água e no ar (OLIVEIRA, 2013). São consideradas como boas e rápidas indicadoras de mudanças climáticas, por possuírem ciclo de vida curto e reação direta aos fatores climáticos (GLIME, 2007). Podem atuar no combate à erosão do solo e na manutenção da umidade dos ecossistemas pela chuva, além de servirem como habitat para pequenos animais (SANTOS; LISBOA, 2003; PÓCS, 1982).

De acordo com as informações de Costa e Peralta (2015), são citadas 1.534 espécies de briófitas para o país. No entanto, no contexto atual, a Flora do Brasil (2020) cita para o Brasil cerca de 1.566 espécies, com destaque para a região Nordeste como a terceira região mais rica, apresentando cerca de 731 espécies de briófitas.

Levando-se em consideração que os estudos de briófitas no Estado do Piauí são limitados, ressalta-se que o trabalho de Castro et al. (2002) foi de grande importância para o início de coletas sistemáticas destes organismos, tendo continuação com os de Brito et al. (2008), Yano; Bordin e Peralta (2009) e Sousa et al. (2019), que estudaram as briófitas da Cachoeira do Bota-Fora no Estado do Piauí.

Com este quadro de escassez de trabalhos para o Piauí, torna-se importante o estudo das briófitas para novas áreas desse Estado e áreas com o perfil de habitat já mencionado tornam-se prioritárias para estudos de catalogação destes organismos. É o caso do Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, área objeto deste estudo, ainda inexplorada e que contribuirá para o registro de espécies briofíticas para o Piauí.

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo realizar o levantamento das briófitas ocorrentes no referido Parque, localizado no município de Esperantina, bem como verificar os tipos de substratos colonizados, a distribuição geográfica das espécies e contribuir para os estudos sistemáticos da brioflora para o estado do Piauí.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, o qual apresenta uma área de 7,54 ha, situado no interior da Área de Proteção Ambiental-APA da Cachoeira do Urubu (03°90'32" S 42°23'60" O), a qual cobre 3.053 hectares, localizada entre os municípios de Esperantina e Batalha (Fig.1), ambos no Estado do Piauí. A paisagem do ambiente apresenta rochas sedimentares, com formação vegetal transicional entre caatinga e cerrado (SOUSA et al., 2012).

O regime de precipitação é influenciado pela Zona de Convergência Intertropical-ZCI, sendo o período chuvoso da região iniciado, geralmente, em dezembro e prolongando-se até o mês de maio (AYOADE, 2002). Na bacia sedimentar do Piauí-Maranhão encontra-se o rio Longá o qual influencia no volume das águas da cachoeira durante o período chuvoso da região Norte do Estado do Piauí (PIAUI, 2009).



Figura 1: Mapa de localização da Área de Estudo, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu Esperantina-PI, Brasil.

(Fonte: Google Earth, 2020).

As coletas de material briofítico foram realizadas no mês de julho de 2015 e maio e outubro de 2016, totalizando três coletas, englobando períodos seco e chuvoso. Para as mesmas, seguiu-se a metodologia adotada por Yano (1989), coletadas, manualmente dos substratos, com auxílio de um canivete. As plantas foram acondicionadas em sacos de “Kraft” e anotadas as características necessárias sobre cada exemplar coletado. Toda a área de estudo foi percorrida através de caminhadas aleatórias.

A análise do material coletado e a identificação das amostras foram realizadas no Laboratório de Botânica da Universidade Federal do Piauí-UFPI, *Campus* Ministro Reis Velloso-CMRV, Parnaíba, Piauí. Para a observação das características morfológicas dos gametófitos e esporófitos de diferentes espécimes, utilizou-se microscópico estereoscópico (lupa) e microscópico óptico, lâmina, lamínula, água destilada, placa de *Petri*, vidro de relógio, seringa e lâmina de aço para fazer os cortes. No caso das hepáticas talosas, foram analisadas as formas das células e dos esporos. Nos musgos, a morfologia dos filídios, ápice, lâmina ventral e dorsal, bordo, base, costa e o corte transversal. Todas estas características foram anotadas e, posteriormente, consultadas as chaves de identificação e ilustrações presentes na literatura especializada.

A identificação das amostras de hepáticas baseou-se nos de estudos de Schofield (1985), Sharp et al. (1994), Reiner-Drehwald (2000), por Lemos-Michel (2001), Luiz-Ponzo et al. (2006), Yano e Pôrto (2006), Yano e Peralta (2007, 2009), Peralta; Bordin e Yano (2008), Câmara (2008), Yano; Bordin e Peralta (2009). Para os antóceros, utilizou-se o trabalho de Gradstein e Costa (2003). Os musgos foram identificados de acordo com os estudos de Gradstein e Ilkiu-Borges (2009), Vilas-Bôas-Bastos e Bastos (2009), Bordin e Yano (2009), Costa et al. (2010), Bordin (2011), Bordin e Yano (2013), Costa et al. (2010) e confirmadas com estudiosos e especialistas da área de briologia, quando necessário.

Para a distribuição geográfica foram adotados os trabalhos de Shaw e Goffinet, (2000), Castro et al. (2002), Yano e Pôrto (2006), Oliveira e Alves (2007), Brito et al. (2008), Yano (2008, 2010), Oliveira e Bastos (2010). A nomenclatura das espécies foi verificada em Flora do Brasil (Costa e Peralta, 2015).

Após a identificação, as *exsiccatas* foram depositadas no Herbário Delta do Parnaíba-HDELTA da Universidade Federal do Piauí-UFPI.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registradas, na área estudada, 13 táxons de briófitas distribuídas em 11 famílias e 12 gêneros. Dentre as famílias encontradas, duas pertencem à Marchantiophyta, oito à Bryophyta e uma ao filo Anthocerophyta (Tabela 1). A lista florística apresentada encontra-se em ordem evolutiva, bem como as descrições e discussões e, as novas ocorrências estão demarcadas com asterístico (*).

FILO/FAMÍLIA/ESPÉCIE	TIPO DE SUBSTRATO	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA NO BRASIL
MARCHANTIOPHYTA		
Ricciaceae		
<i>*Riccia fruchartii</i> Steph.	Ru	SP, PR, RS e SC
Fossombroniaceae		
<i>Fossombronia porphyrorhiza</i> (Nees) Prosk	Ru	TO, BA, CE, MA, PE, PI , DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ e SP
BRYOPHYTA		
Bartramiaceae		
<i>Philonotis cernua</i> (Wilson) D.G Griffin & W. R. Buck	Ru	CE, MA, PB, SE, PI , DF, GO, MT, MG, RJ, SP, PR, RS e SC
Bryaceae		
<i>Bryum coronatum</i> Schwägr	Ru	AC, AM, BA, CE, DF, ES, GO, MA, MG, MT, PA, PB, AL, MS PE, PI , PR, RJ, RO, RR, RS, SC, SE, SP e TO
Calymperaceae		
<i>Calymperes palisotii</i> Schwägr.	Ru	AC, AM, PA, RO, AP, RR, TO, AL, BA, MA, PR, PE, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PB, SC, PI , RN e SE
Dicranaceae		
<i>Campylopus fragilis</i> (Bridel) Bruch & Schimp.	Ru	MG, RJ, PI e BA
Fissidentaceae		
<i>Fissidens prionodes</i> Mont.	Ru	AC, AM, MT, PA, RO, RR, PB, PE, RO, PI , BA, ES, GO, MG, PR, RJ, RS e SP
<i>Fissidens submarginatus</i> Bruch in C. Krauss	Ru	AC, AM, PR, RO, BA, CE, MA, PA, PE, PI , RN, DF, GO, MT, ES, MG, RJ, SP, RS e SC
Pottiaceae		
<i>Hyophila involuta</i> (Hook.) A. Jaeger	Ru	AM, PA, RO, RR, AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI , DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR e RS
<i>Hyophiladelphus agrarius</i> (Hew.) R.H. Zander.	Ru	AC, AM, PA, RO, TO, BA, CE, MA, PR, PE, RS, RN, SE, DF, MT, RJ, SP e PI
Sematophyllaceae		
<i>Sematophyllum subsimplex</i> (Hedw.) Mitt.	Co	AC, AM, AP, PA, RO, RR, TO, AL, BA, CE, MA, PE, PI , SE, DF, GO, MS, MT, ES, MG, RJ, SP, PR, RS e SC
Stereophyllaceae		
<i>Entodontopsis leucostega</i> (Brid.) W.R. Buck & Ireland	Co	AC, AM, PA, RO, RR, TO, BA, CE, MA, PB, PE, PI , DF, GO, MS, MT, MG, RJ e SP

ANTHOCEROPHYTA		
Notothyladaceae		
* <i>Phaeoceros</i> sp.	Ru	AL, CE, MA, PE, GO, DF, MT, MS, MG, ES, RJ, SP, PR, SC e RS

Tabela 1. Táxons encontrados e distribuição geográfica no Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, Esperantina, Piauí. Substrato Corticícola (Co); Rupícola (Ru). As novas ocorrências para o Estado do Piauí estão assinaladas com um asterisco (*).

Dos 13 táxons registrados na área estudada, cinco deles foram comuns a três outros estudos realizados também no Piauí: Castro et al. (2002), os quais registraram 22 táxons para Parque Nacional de Sete Cidades; Sousa et al. (2019), que relataram 32 táxons de briófitas da Cachoeira do Bota-fora, no município de Piri-piri e; Bordin e Peralta (2009), sendo que estes relataram 28 táxons. Ainda em estudos ainda realizados no Piauí, Brito *et al.* (2008), citaram 12 táxons para Teresina, dentre os quais três são comuns a este trabalho; Sousa e Oliveira (2019), dos seus 39 táxons, seis são comuns com a área estudada e; Silva; Oliveira e Conceição (2019) registrando 56 táxons para a Ecorregião do Complexo Campo Maior no Estado do Piauí, oito foram comuns a este estudo, exceção feita para as novas ocorrências aqui registradas.

Já em nível nacional, Yano (2010), no “Levantamento de Novas Ocorrências de Briófitas Brasileiras”, citou 14 táxons para o Piauí e, dentre estes, um táxon foi comum a este estudo.

RICCIACEAE

**Riccia fruchartii* Steph. (Figura 2 A-G)

O gametófito possui lobos 2-3 vezes ramificados, presença de escama incolor, margem hialina do talo e esporos de coloração castanha. Esta espécie está sendo citada pela primeira vez para o Estado do Piauí.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 22/V/2016. Araujo, J. et al. 16 (HDELTA).

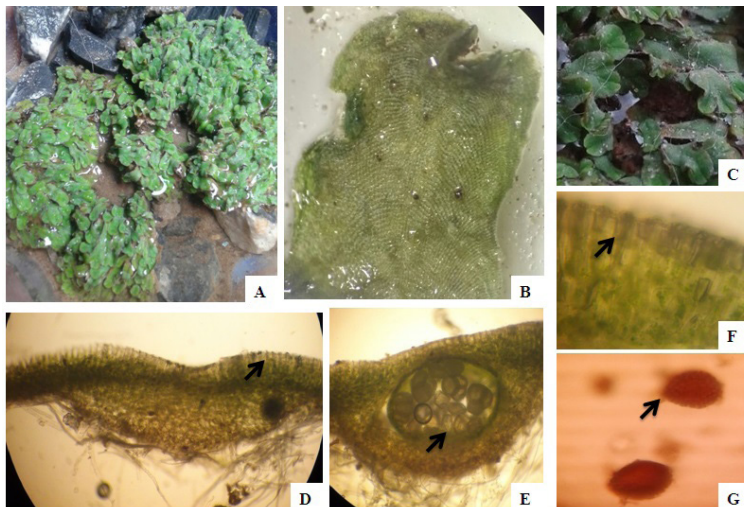


Figura 2: *Riccia fruchartii* Steph. A- Visão geral do gametófito; B- presença de escamas no talo; C- Gametófito com Lobos 2-3; D- Corte transversal da Seta: margem; E- Seta: esporos dentro do gametófito; F- Seta: Margem hialina; G- Esporos.

FOSSOMBRONIACEAE

Fossombronia porphyrohiza (Nees) Prosk.

Gametófitos claros, em pequenas rosetas, com numerosos rizoides purpúreos, longos na face ventral. Destaca-se pela reprodução vegetativa por meio de gemas originadas na superfície dorsilateral do caulídio e ocorre em solo ou rochas, em lugares abertos. Característica que pode ser observada nessa espécie é o esporófito com seta aclorofilada e cápsula com coloração escura.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araujo, J. et al. 16 (HDELTA).

BRYACEAE

Bryum coronatum Schwägr J.R. Spence & H.P. Ramsay

Descrição: Sharp et al. (1994)

Planta acrocárpica, pequena, tufos apertados, verde brilhante, verde-amarelado acima do ápice, marrom escuro no dorso e emaranhada com radículas castanhas, mais ou menos eretos, verdes, tornando-se avermelhados ou acastanhados em porções, ramificados a partir da base. Filídios numerosos, aglomerados e próximos na parte superior do caulídio imbricado, morfologia do filídio ovado a oblongo-lanceolado; Ápice Acuminado; Margens inteiras, planas; Costa forte vermelho a castanho avermelhado, longo excurrente; Células terminais apicais, paredes espessas, estreitamente hexagonais-romboidais, células

medianas, lâmina estreitamente romboides ou alongada a hexagonais; Células de lâmina basal de paredes finas. Esporófito não observado.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araujo, J. et al. 05 (HDELTA).

BARTRAMIACEAE

Philonotis cernua (Wilson) Griffin & W. R. Buck (Figura 3 a-f)

Descrição: Sharp et al. (1994)

Plantas pequenas, formando curto tufo densos, esbranquiçadas. Caulídio ascendente, levemente ramificado, frequentemente com ramos curtos, tomentosos; Filídios espiralmente dispostos, ovados a oblongo-lanceolados ou lanceolados; ápice acuminado, denticulado a delicadamente serreado; costa forte, frequentemente denteada, dorsalmente, subpercurrente; Células superiores e da região mediana, oblongo-lineares a rômbricas, papilosa, nos ângulos distais, papilas robustas, em uma das superfícies; células da região basal, às vezes grande, retangulares e de paredes firmes, ocasionalmente com as células da margem diferenciadas. Esporófito não observado. Foi encontrada associada com *Bryum coronatum*.

Material examinado: BRASIL, PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araújo, J. 05 (HDELTA).

CALYMPERACEAE

Calymperes palisotii Schwägr.

Planta acrocárpica; Gametófito de coloração verde-escuro, filídios subpercurrente ou excurrente, com propágulos agrupados (gema) no ápice ventral da costa, não englobando todo o ápice de forma globular; Costa forte, lâmina distal oblongo-lanceolada, margens inteiras. Células da lâmina superior pequenas redondas ou quadradas, em um ou ambos os lados (mamílica ou papilosa), células basais infladas, vazias, hialinas, porosas. Esporófito não observado.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 05/X/2016. Araujo, J. et al. 18 (HDELTA).

DICRANACEAE

Campylopus fragilis (Bridel) Bruch & Schimp.

Gametófito verde (0,5mm-2cm) ereto, raramente ramificado. Hastes igualmente foliadas, Filídios eretos, lanceolados, a partir de uma base ovada, 4-6mm de comprimento, margens lisas, involuta na parte superior, costa excurrente, percurrente terminando em um ápice concolor, em secção transversal, hialocistos ventrais, na parte dorsal região indiferenciada. Células basais hialinas, retangulares, infladas ao lado da costa; margens

estreitas e curtas, quadradas a retangulares. Esporófito não observado.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araujo, J. et al. 06 (HDELTA).

FISSIDENTACEAE

Fissidens prionodes Mont.

Gametófito marrom a avermelhados, ramificado; filídios curto-excurrente, linear-lanceolados, ápice agudo; costa forte excurrente ou percurrente, tipo bryoides, margem crenulada; limbídio ausente; lâmina vaginante finalizando até a metade do filídio ou desigual, células superiores arredondadas a hexagonais, infladas, irregulares; células basais curto-retangulares. Esporófito não observado.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araujo, J. et al. 07 (HDELTA).

Fissidens submarginatus Bruch in C. Krauss.

Gametófito caracteriza-se pelos filídios oblongos, ápice agudo a obtuso, limbídio em toda a extensão da lâmina vaginante, muitas vezes ultrapassando-a, margem crenulada a serreada, células unipapilosas ou com duas papilas na região basal da lâmina vaginante. Observou-se variação no tamanho dos gametófitos, sendo a maioria deles grandes (5–7mm) e não ramificados. Em alguns, o limbídio não ocupa toda a extensão da lâmina vaginante, finalizando 7-10 células abaixo.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 05/X/2016. Araujo, J. et al. 17 (HDELTA).

POTTIACEAE

Hyophila involuta (Hook.) Jaeg. & Sauerb.

Gametófito acrocárpico e pequeno, filídios ovalado-lanceolado, contorcidos e com margem involuta quando secos, bordo inteiro, costa percurrente, corte transversal com camadas de células-guia, com banda de estereídeos acima e abaixo. Células apicais muito salientes na superfície superior são características desta espécie. Ápice apiculado e levemente serreada, células da lâmina hexagonais, mamilosa e lisas. Esta espécie pode variar na morfologia.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 22/V/2016. Araujo, J. et al. 09 (HDELTA).

Hyophiladelphus agrarius (Hew.) R.H. Zander.

Caracteriza pelo gametófito ereto e pequeno com filídio ovalado-lanceolado ou spatulado, ápice agudo e costa forte percurrente, margem revoluta, disposição do filídio no caulídio em formato rosulado dístico, células lisas e alongadas nas superfícies ventral e dorsal, as células da parte basal irregularmente quadráticas a longo retangulares. Esporófito:

Observado. Segundo Sharp et al. (1994), a espécie apresenta esporófito alongado, torcido, com cápsula cilíndrica a elipsoidal e peristômio simples e torcido.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 22/V/2016. Araujo, J. et al. 10 (HDELTA).

SEMATOPHYLLACEAE

Sematophyllum subsimplex (Hedw.) Mitt.

Tem como característica ausência da costa ou esta aparece inconspícua próxima ao bordo, o qual apresenta variedade morfológica, os filídios são ovalados estreitos acuminados, bordo inteiro, ápice acuminado, células lisas e alongadas do ápice até a base, na região alar as células são diferenciadas, infladas e grandes contendo 2-3, rizoides avermelhados saindo do caulídio na parte dorsal, gametófito forma pequenos ramos horizontais. Esporófito observado: tipo pleurocárpico o qual parte de vários pontos do ramo. Como já afirmaram Vilas Bôas-Bastos e Bastos (2009), o musgo dessa espécie é pleurocárpico.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 05/X/2016. Araujo, J. et al. 19 (HDELTA).

STEREOPHYLLACEAE

Entodontopsis leucostega (Brid.) W. R. Buck & Ireland

Em geral tem filídios ovalado-lanceolado, margem inteira ou levemente serreada na porção apical, ápice acuminado, costa inconspícua, terminando acima da metade do comprimento do filídio, células superiores e medianas da lâmina fusiformes, lisas, células alares quadráticas a curto-retangulares dispostas em grupos triangulares. Segundo Oliveira e Bastos (2010) esta espécie é considerada amplamente distribuída, encontrada próxima a córregos e quedas d'água de mata, em substratos como corticícola, epíxila e rupícola. Esporófito observado.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araujo, J. et al. 02 (HDELTA).

NOTOTHYLADACEAE

****Phaeoceros* sp.** (Figura 4 A-F)

Gametófito em forma de roseta, talo verde escuro, levemente carnudo e geralmente formando rosetas a 2-3 cm diâmetro, sem uma nervura central, margens inteiras ou crenadas, levemente crispadas, superfície dorsal lisa, não reticulada, esporos unicelulares, amarelos, superfícies ornamentada com distintas marcas de trilete. Esse gênero está sendo citado pela primeira vez para o Piauí.

Material examinado: BRASIL. PIAUÍ: Esperantina, Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, 14/VII/2015. Araujo, J. 25, Veras, J. C. 25 (HDELTA).

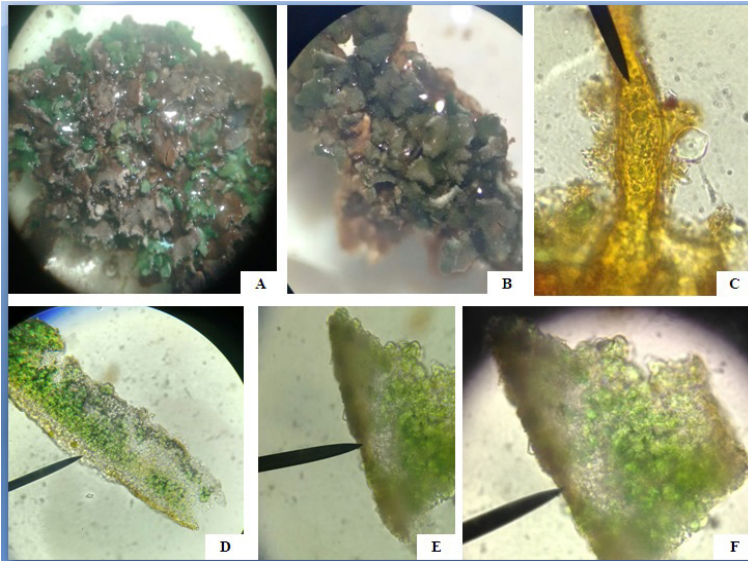


Figura 3: *Phaeoceros* sp. A- Visão geral do gametófito; B- Forma do gametófito; C- Presença de esporos; D- Corte transversal; E e F- Formato das células.

Dentre as hepáticas ocorrentes no Parque Ecológico Cachoeira do Urubu, a espécie *Fossombronia porphyrohiza* foi citada pela primeira vez para a região do Sul do Brasil, sendo que a distribuição da mesma ocorria apenas no Ceará e em São Paulo (BORDIN; YANO 2009). Registro de *Riccia fruchartii* para o Nordeste foi citado pela primeira vez por Oliveira (2008) e neste estudo, está sendo citada pela primeira vez para o Piauí. A espécie ocorre sobre solos e rochas expostos, em ambientes abertos como já mencionaram Gradstein e Costa (2003).

Dentre as famílias listadas neste estudo (Bryaceae, Dicranaceae, Calymperaceae, Fissidentaceae, Pottiaceae e Sematophyllaceae), Costa e Luizi-Ponzo (2010) destacam que estão entre as dez famílias com maior diversidade no Brasil. As famílias encontradas neste estudo possuem distribuição geográfica ampla, consideradas cosmopolitas (OLIVEIRA; ALVES 2007). Lima e Rocha (2015) comentam que Fissidentaceae é reconhecida como a segunda família mais diversa dentre as briófitas do Brasil. Castro et al. (2002) a referenciaram pela primeira vez para o Piauí.

O Parque Ecológico Cachoeira do Urubu não possui vegetação fechada, mas do tipo aberta, a qual segundo Gradstein e Costa (2003) é um local de insolação intensa. Neste local, observou-se que as briófitas povoam preferencialmente sobre o solo, casca ou tronco

de árvores e nas fendas de rochas, mas sempre em locais onde há alguma proteção contra uma rápida dessecação.

Com relação ao grupo briocenológico, os táxons foram considerados rupícolas e cortícolas, havendo predominância de presença em substrato rupícola. Isto provavelmente deveu-se à grande disponibilidade de substrato rochoso na área, com afloramentos localizados sob as sombras das árvores. Estes locais retêm maior umidade, propiciando um microambiente favorável ao estabelecimento das espécies, tais como *Bryum coronatum*, *Campylopus fragilis*, *Fissidens prionodes*, *Fissidens submarginatus*, *Fossombronia porphyrohiza*, *Philonotis cernua* e *Riccia fruchartii* e *Phaeoceros* sp.

Castro et al. (2002), citam que 51% das espécies preferem o substrato rupícola. Entretanto, as únicas espécies encontradas sobre o habitat cortícola foram *Sematophyllum subsimplex* (Hedw.) Mitt e *Entodontopsis leucostega* (Brid.). Segundo Vilas-Bôas Bastos e Bastos (2009) são espécies que possuem o esporófito do tipo pleurocárpico, característica típica dessas espécies e frequentemente presentes sobre casas de árvores.

As famílias com maior riqueza de espécies foram Fissidentaceae e Pottiaceae (2 spp. cada). Esta última, de modo geral, consegue resistir melhor às variações de temperatura do ambiente, diante de suas adaptações morfológicas, como por exemplo, a presença de pêlos hialinos no ápice dos filídios e a posição dos filídios no caulídio (ZANDER, 2007). Segundo Lisboa (1993), *Hyophila involuta* é usualmente encontrada em substrato de habitat perturbado, como muros, calçadas ou paredes de concretos e tijolos.

Na área de estudo foi observada a maior presença de espécies da família Dicranaceae e, em segundo com maior ocorrência, foram as espécies da família Stereophyllaceae. Segundo Glime (2007), o gênero *Campylopus* tem facilidade de se propagar pelo vento, através da quebra de filídios e ramos apicais decíduos, o que resulta na disseminação da espécie *Campylopus fragilis*.

Philonotis cernua está sendo citada pela segunda vez para o Piauí, a primeira citação foi feita por Sousa et al. (2019). Esta foi encontrada no local de estudo sobre rochas, mas de acordo com Sharp et al. (1994) a espécie pode ser encontrada ainda sobre solos ou associada a *Bryum coronatum*.

Calymperes palisotii e *Campylopus fragilis* foram citadas pela primeira vez para o Piauí por Brito et al. (2008) no Norte de Teresina e por Yano; Bordin e Peralta (2009). Segundo Florschütz (1964), *Calymperes palisotii* é reconhecida facilmente pela aparência lustrosa, verde-escura, com feixes de propágulos dispostos somente na superfície ventral, localizados no topo dos filídios. Segundo Santos (2011), *Campylopus fragilis* anteriormente foi registrada como a subespécie *fragiliformis*, colonizando principalmente substratos rochosos e arenosos.

A continuidade de estudos florísticos torna-se necessário para o conhecimento da brioflora do estado, os quais vem fornecendo dados para outras pesquisas ecológicas. O presente estudo traz dados inéditos da brioflora presente no Parque Ecológico Cachoeira

do Urubu e traz, para o grupo vegetal, avanço no conhecimento de duas novas ocorrências para o Piauí: *Riccia fruchartii* e *Phaeoceros* sp. (Notothyladaceae). Este também, diante das características observadas, possui possibilidade de tratar-se de uma nova espécie para a ciência.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos trazem dados importantes ao acréscimo de informações sobre a brioflora do Piauí, inclusive sobre o registros de duas novas ocorrências. Com este levantamento brioflorístico, pôde-se verificar que há uma grande diversidade na área estudada, trazendo incentivos à realização de futuros estudos sobre a flora briofítica no Estado.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 74-75.

BORDIN, J. **Fissidentaceae (Bryophyta) do Brasil**. 2011. 350f. Tese (Doutorado em Biodiversidade vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2011.

BORDIN, J.; YANO, O. Novas ocorrências de Musgos (Bryophyta) para o Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** (Impresso), v. 32, p. 455-477. 2009.

BORDIN, J.; YANO, O. Fissidentaceae (Bryophyta) do Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo. v. 22, p. 1-168, 2013.

BRITO, E. S.; CONCEIÇÃO, G. M.; ALMONDES, L. M. V.; ARAÚJO, M. F. V.; RODRIGUES, M. S. Briófitas da região sudeste do município de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Sinapse Ambiental**. p.18-20, 2008.

BUCK, W. R.; GOFFINET, B. Morphology and classificatio of mosses. In: SHAW, A. J.; GOFFINET, B (eds.). **Bryology Biology**. England: Cambridge University Press, p. 55-138. 2000.

CÂMARA, P. E. A. S. Musgos acrocárpicos das matas de galeria da Reserva Ecológica do IBGE, RECOR, Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**. [online]. vol. 22, n.4, pp. 1027-1035. ISSN 0102-3306. 2008.

CASTRO, N.M.C.F., PÔRTO, K.C., YANO, O. CASTRO, A. A. J. F. Levantamento florístico de Bryopsida de Cerrado e mata ripícola do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 16, n. 1, p. 61-76. 2002.

COSTA, D. P.; PERALTA, D.F. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB581847>> acesso em 22 Novembro 2016.

COSTA, D.P.; LUIZI-PONZO, A.P. As briófitas do Brasil. In: FORZZA et al. (orgs.). **Catálogo de Plantas e Fungos do Brasil**. vol.1. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. pp. 61-68. 2010.

COSTA, D.P.; ALMEIDA, J.S.S.; DIAS, N.S., GRADSTEIN, R. S.; CHURCHILL, S.P. **Manual de briologia**. Rio de Janeiro: Interciência, p. 222. 2010.

FLORA DO BRASIL Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em:<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 05 de outubro. 2020.

FLORSCHÜTZ, P.A. **The Mosses of Suriname**. Part 1. E.J. Brill, Leiden. 1964.

FUDALI, E. Some open questions of the bryophytes of urban areas and their responses to urbanization's impact. **Perspectives in Environmental Sciences**, v. 2, n. 1, p. 14-18. 2000.

GLIME, J. M. **Bryophyte Ecology**. v.1. Physiological Ecology. E-book sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. 2007. <http://www.bryoecol.mtu.edu/> - Acesso em novembro de 2016.

GRADSTEIN, S. R.; ILKIU-BORGES, A. L. Guide to the Plants of Central Ocorrências de Lejeuneaceae (Hepaticae) para o Estado do Pará. **New York Botanical Garden**, v. 76, n. 4, p. 1-140. 2009.

GRADSTEIN, S.R.; CHURCHILL, S.P.; SALAZAR-ALLEN, N. Guide to the bryophytes of tropical America. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 86, p. 1–577. 2001.

GRADSTEIN, S.R.; COSTA, D.P. The Hepaticae and Anthocerotae of Brazil. **Memoirs of The New York Botanical Garden**, v. 87, p. 1-318. 2003.

LEMOS-MICHEL, E. **Hepáticas epífitas sobre o Pinheiro Brasileiro no Rio Grande do Sul, Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 191p. 2001.

LIMA, L. C. L.; ROCHA, L. M. **Levantamento de musgos (Bryophyta) de um fragmento urbano remanescente de Cerrado, no município de Ituiutuba, (MG)**. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 2015.

LISBOA, R. C. L. **Musgos Acrocárpicos do estado de Rondônia**. Belém: Ministério da Ciência e Tecnologia, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Museu Paraense Emílio Goeldi. 1993. 272p. (Coleção Adolpho Ducke).

LUIZI-PONZO, A.P.; BASTOS, C.J.P.; COSTA, D.P.; PÔRTO, K.C.; CÂMARA, P.E.A.S.; LISBOA, R.C.L.; VILAS BÔAS-BASTOS, S. **Glossarium polyglottum bryologiae**: versão brasileira do Glossário briológico. Juiz de Fora: Ed. UFJF. 114 p. 2006.

MELLO SALLES, M. S. T. **Educação Ambiental: A preservação do verde na zona urbana de Teresina-PI**. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI. 2004.

OLIVEIRA H. S. **Florística e ecologia de briófitas epífitas em fragmentos de Mata Atlântica no Estado da Bahia, Brasil**. 2013. 156 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia. 2013.

OLIVEIRA, H. C.; ALVES, M. H. Adições à brioflora do estado do Ceará, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 1-11. 2007.

OLIVEIRA, H. C.; BASTOS, C. J. P. Jungermanniales (Marchantiophyta) da Chapada da Ibiapaba, Ceará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1202-1209. 2009.

OLIVEIRA, H.C. **Briófitas da Chapada de Ibiapaba, Ceará, Brasil**. 2008. 192f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

PERALTA, D. F.; BORDIN, J.; YANO, O. Novas ocorrências de briófitas nos estados brasileiros. **Hoehnea** (São Paulo), v. 35, p. 123-158, 2008.

PIAUÍ. SECRETARIA DE TURISMO. **Programa de regionalização do turismo**. Teresina, 18 slides. 2009.

PÓCS, T. Tropical Forest Bryophytes. In: SMITH, A.J.E. **Bryophyte Ecology**. Chapman and Hall, New York. p. 59-104. 1982.

REINER-DREHWALD, M.E. Las Lejeuneaceae (Hepaticae) de Misiones, Argentina. VI. Lejeunea y Taxilejeunea. **Tropical Bryology**, v. 19, p. 81-131. 2000.

SANTOS, M. B. **Contribuição ao conhecimento do gênero *Campylopus* Brind. (Bryophyta, Leucobryaceae) no Nordeste do Brasil**. 2011. 80f. Tese (Doutorado em Botânica) - Programa de Pós Graduação em Botânica, Feira de Santana, Bahia, 2011.

SANTOS, R.C.; LISBOA, R.C.L. Musgos (Bryophyta) do Nordeste Paraense Brasil-1 zona Bragantina, Microrregião do Salgado e Município de Viseu. **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, n. 3, p. 45-422. 2003.

SCHOFIELD, W. B. **Introduction to Bryology**. New York: Department of Botany. University of British Columbia, 1985. 268p.

SHARP, A.J.; CRUM, H.; ECKEL, P.M. The Moss flora of Mexico. **Memoirs of The New York Botanical Garden**, vs. 1 e 2. 1994.

SHAW, A. J.; GOFFINET, B. **Bryophyte Biology**. Cambridge University Press, England. 476p. 2000.

SILVA, A. C. R.; OLIVEIRA, H. C.; CONCEIÇÃO, G. M. Brioflora do Estado do Piauí: Novos registros para a Caatinga e Cerrado. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, **Goiânia**, v.16 n. 29, p. 1809, 2019.

SOUSA M.E.B.; ABREU G.M.C.; GRASIELE, M.S.G.; OLIVEIRA, H.C. Diversidade de briófitas da Cachoeira do Bota-Fora, Piripiri, Piauí, Brasil. In: FRANCISCO, A. L. O (org.). **Botânica Aplicada 2**. Editora Atena. 2019. ISBN 978-85-7247-055-1.

SOUSA, M. E. B.; OLIVEIRA, H. C. Briófitas de uma área ecotonal de caatinga/cerrado no estado do Piauí, Brasil. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, **Goiânia**, v.16 n. 29; p. 1796, 2019.

SOUSA, A.R.P.; ARAÚJO, J. L. L.; LOPES, W. G. R. **Percepção Ambiental no turismo do parque ecológico cachoeira do Urubu nos municípios de Esperantina e Batalha no estado do Piauí.** HAT E GA, v. 24, p. 69-91. 2012.

VILAS BÔAS-BASTOS, S. B.; BASTOS, CID J. P. Musgos pleurocárpicos dos fragmentos de Mata Atlântica da Reserva Ecológica da Michelin, município de Igrapiúna, BA, Brasil: II - Hypnales (Bryophyta: Bryopsida). **Acta Botanica Brasílica**, v. 23, n. 3, p. 630-643. ISSN 0102-3306. 2009.

YANO, O. Catálogo de Antóceros e Hepáticas Brasileiros: literatura original, basionímo, localidade tipo e distribuição geográfica. **Boletim do Instituto de Botânica**, v. 9, p. 1-110. 2008.

YANO, O. **Levantamento de novas ocorrências de briófitas brasileiras.** São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. 253p.

YANO, O.; PERALTA, D. F. Briófitas da Ilha do Bom Abrigo, Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** (São Paulo), v. 34, p. 87-94. 2007.

YANO, O.; BORDIN, J.; PERALTA, D. F. Briófitas dos Estados do Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte (Brasil). **Hoehnea** (São Paulo), v. 36, p. 387-415. 2009.

YANO, O.; PERALTA, D. F. Flora de grão-mogol, minas gerais: briófitas (bryophyta e marchantiophyta). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, p. 1-26. 2009.

YANO, O.; PÔRTO, K. C. Diversidade das briófitas das matas serranas do Ceará, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, p. 7-39. 2006.

ZANDER, R.H. Pottiaceae Schimp. In: Flora of North America Editorial Committee (eds.). **Flora of North America North of Mexico.** New York and Oxford: Oxford University Press, p. 476-490. 2007.

CAPÍTULO 7

A ILUSTRAÇÃO CIENTÍFICA COMO MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE TÁXONS: ENFOQUE EM ESPÉCIES AQUÁTICAS DE ARACEAE

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/11/2020

Jousimar Silva Paiva

Universidade Federal Delta do Parnaíba (UFDPAr), Campus Parnaíba, Herbário Delta do Parnaíba, Parnaíba – PI
<https://orcid.org/0000-0003-2479-1532>

Maria Francilene Souza Silva

Universidade Federal do Ceará (UFC), Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM), Fortaleza – CE.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4509-1159>

Ivanilza Moreira de Andrade

Universidade Federal Delta do Parnaíba (UFDPAr), Campus Parnaíba, Herbário Delta do Parnaíba, Parnaíba – PI
<https://orcid.org/0000-0001-6059-8540>

RESUMO: A Ilustração Científica é um dos principais meios de identificação das espécies de seres vivos e seus ambientes, pois possibilita determinar em riquezas de detalhes suas várias estruturas morfológicas e seus diferentes habitats. O presente trabalho é uma forma de contribuir com o conhecimento da Ilustração Científica, especificamente à da Ilustração Botânica, na qual é uma das áreas que mais utiliza a ilustração para auxiliar na identificação de táxons. Para o desenvolvimento do estudo foram realizadas coletas aleatórias de seis espécies de macrófitas aquáticas da família Araceae situadas em uma extensão do rio Igarapu, Parnaíba, Piauí, Brasil.

Foram confeccionadas pranchas ilustrativas para representar os exemplares estudados, suas características morfológicas como critério de identificação através das ilustrações botânica.

PALAVRAS - CHAVE: Desenho científico, Morfologia, Macrófitas.

SCIENTIFIC ILLUSTRATION AS A METHOD FOR IDENTIFYING TAXA: FOCUS ON AQUATIC SPECIES OF ARACEAE

ABSTRACT: The Scientific Illustration is a major means of identification of the species of living things and their environments, as it allows determining in detail the riches it is various morphological structures and their different habitats. Botany and biological groups that most uses the illustration. The Present work is a way of increasing knowledge about the Scientific Illustration specifically to the Botanical Illustration, which is one of the most important in taxa identification branch of the scientific community. To develop the study were randomly collected six species of aquatic weeds Araceae family located in an extension of the river Igarapu, Parnaíba, Piauí, Brazil. Illustrative boards were made to represent the exemplary understudied the botanical species and its morphological characteristics as a criterion for identification through the botanical illustration.

KEYWORDS: Scientific Drawings, Morphology, Macrophytes

INTRODUÇÃO

A Ilustração Científica exprime uma representação através de imagens, ou seja, o registro, a tradução e o complemento através da visualização, podendo por meio de observações e experimentos científicos descrever com maior transparência os seres vivos, onde até mesmo as relações dos organismos vivos com os nichos ecológicos e cenas de comportamento animal podem ser ilustradas (FORD, 1992).

Podem ser direcionadas por diversos ramos da ciência, tais como, Paleontologia, Mineralogia, Arqueologia, Astronomia, Geologia, Cartografia, Física, Arquitetura, História natural, etc. (FORD, 1992). A ilustração científica une duas áreas do conhecimento, Arte e Ciência, que juntas possibilitam o uso de várias técnicas de ilustração que podem consistir da simples ilustração a grafite até a mais complexa como modelos em computação gráfica (SUGUITURU; MORINI, 2012).

A ilustração, dependente de sua finalidade, pode ser praticada de três formas: O grafite onde esta técnica emprega o esboço, arte-final e acabamento na qual possui vastos recursos de sombreamento, tornando fácil o registro de volumes e deixando mais fascinante o resultado final; O nanquim (bico de pena) técnica milenar que faz o uso de solução aquosa preparada a partir de pigmentos naturais (negro-de-fumo) e aglutinantes (goma) tipo de tinta direcionada para ilustrações em papel e aguados, sendo importante na normatização dos institutos de pesquisas Botânicos e Zoólogos, pois se utiliza dessa técnica para descrições biológicas que tem a finalidade de registrar novas espécies e para Ilustrações Didáticas nas áreas de Morfologia e Sistemática; e Aquarela, técnica de maior preferência entre os Ilustradores, onde se faz necessário o máximo de conhecimento sobre complementariedade, harmonias cromáticas, tintas, misturas e natureza das cores (CARNEIRO, 2011).

A Ilustração Científica é uma atividade que consiste na representação fiel de um material biológico analisado, acatando-se todas as medidas, volumes e contraste de cores, até mesmo em preto e branco. De acordo com o trabalho de Rapatão (2016) ocorre um diferencial no desenho a partir da ilustração científica, é que nela pode-se demonstrar diversas formas e cortes detalhados de estruturas em uma única reprodução ilustrativa, podendo destacar perfeitamente todas as características de um organismo ilustrado, além de conter dados e anotações que são de extrema importância para o pesquisador.

Ao produzir um desenho científico o ilustrador tem o livre-arbítrio de desenvolver uma prancha com as características de interesse do material a ser estudado, ou seja, com suas estruturas e detalhes evidenciados e associados da forma que mais lhe convém (ZWEIFEL, 1988)

A ilustração botânica antes mesmo dos primeiros desenhos científicos sempre foi uma ferramenta de registro dos espécimes vegetais. Dentre os trabalhos consultados, o de Carneiro (2011) fala que até mesmo nos dias atuais é sempre válida a norma onde qualquer

espécie nova que a Ciência encontra e identifica, deve ser ilustrada e descrita em latim, sendo usadas por pesquisadores pelo mundo.

A Ilustração Botânica, sendo um dos segmentos da Ilustração Biológica é a arte de representar uma planta e suas estruturas com maior detalhe possível, garantindo assim o perfeito conhecimento do vegetal na qual é elaborada na forma de pranchas ilustrativas para meios de pesquisa, ensino e trabalhos científicos (CARNEIRO, 2011).

O Ilustrador Botânico é o especialista responsável por ilustrar para a Ciência colaborando com conhecimentos científicos envolvidos com a flora em geral (LEITE, 2010). Por se mesmo ele tem capacidade de aprimoramento artístico e científico para captar todas às características da planta, expressando o equilíbrio e complementariedade das duas áreas, pois Arte e Ciência na Ilustração Botânica devem caminhar em perfeita harmonia.

As macrófitas aquáticas são importantes componentes nos ambientes aquáticos, podendo variar quanto ao seu biótipo, sendo distribuídas em grupos: emersas com folhas flutuantes, submersas enraizadas, submersas livres e flutuantes. Constituem um dos principais contribuintes para fonte de produção de biomassa em ambientes aquáticos, servindo como fonte de alimento e abrigo para diversos animais, em geral (SCREMINDIAS et al., 1999). Elas desenvolvem atividades importantes na ciclagem de nutrientes e na interação entre o meio terrestre e o meio aquático (LEITE, 2001).

Dentre as diversas famílias que constituem o grupo das macrófitas aquáticas a família Araceae, pertencente a ordem Alismatales, constituída de 14 famílias ocupando a posição chave no entendimento da evolução das monocotiledôneas (TOBE et al., 2010). A família possui cerca de 117 gêneros e aproximadamente 3.400 espécies, distribuídas em ampla região mundial. A família é bastante variável quanto a sua forma de vida, proporcionando formas terrestres, macrófitas aquáticas, epífitas e hemiepífitas (MAYO, 1997; PORTO et al., 2007). A grande diversidade de exemplares dessa família está concentrada nas florestas tropicais de clima úmido, estabelecendo um grupo bastante complexo em termos de diferenciação morfológica e ecológica (SCHIMPER, 1903; BOGNER, 1987). As nervuras foliares é um dos principais caracteres para identificação de espécies, através delas é possível registrar de forma sucinta as estruturas morfológicas existentes nos exemplares estudados, colaborando para Ilustração botânica no contexto da documentação de espécies através do desenho ilustrativo e científico.

Devido à ilustração ser bastante utilizada na Botânica para auxiliar na representação e identificação de táxons; pela quantidade de ilustradores serem escassas, tendo em vista a especialidade que o ilustrador deve ter na área, ou seja, conhecer a morfologia das plantas; pela falta de incentivo; e pelos custos de ilustrações serem altos quando comparados com fotos, o presente trabalho teve como objetivo fortalecer a Ilustração Botânica no segmento da identificação direta de táxon no meio científico usando espécies de Araceae macrofíticas ocorrentes na extensão do rio Igarçu, Parnaíba, Piauí, Brasil, além de contribuir para o estímulo de ilustradores botânicos a partir de técnicas direcionadas a especialidade.

Foram ilustradas seis espécies de macrófitas da família Araceae organizadas em forma de pranchas e acrescentadas descrições estruturais, arquitetura foliares e nervais para auxiliar na identificação das mesmas.

MATERIAL E MÉTODOS

O material vegetal de estudo foi coletado de forma aleatória em diferentes pontos na área de extensão do Rio Igarçu na cidade de Parnaíba, Piauí, no bairro Bebedouro com coordenadas de ponto de coleta 02°55'39.73"S e 41°46'21.21"W (Fig.1). O município de Parnaíba apresenta temperaturas variando entre mínima de 20°C e máxima de 32°C, o clima é identificado como quente tropical. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.200 mm (registro na sede do município), precipitações anuais variando entre 800 a 1.600 mm, definida pelo Regime Equatorial Marítimo com cinco a seis meses mais chuvosos e o período restante do ano de estação seca (AGUIAR; GOMES 2004).

Os exemplares foram analisados em seu habitat de origem e logo após levados para observação mais detalhada das suas estruturas morfológicas no Herbário HDELTA da Universidade Federal do Delta do Piauí (UFDPAr), campus Parnaíba.

O desenvolvimento do trabalho das ilustrações foi feito sobre uma mesa de superfície plana com o auxílio de prancheta para apoio, lupa para observação perfeita de algumas estruturas morfológicas das espécies, régua e transferidores de medidas lineares usados para retirar medidas, diretamente do modelo natural para a ilustração (CARNEIRO, 2011).

Os esboços iniciais dos desenhos e até mesmo as próprias ilustrações para o trabalho das pranchas foram feitas a partir de material natural das espécies coletas. Foram ilustradas detalhadamente com suas escalas numéricas quatro pranchas científicas dos exemplares da Família Araceae distribuídas em seis espécies, na qual todas fazem parte do grupo das macrófitas aquáticas, são elas: *Lemna aequinoctialis* Welw, *L. valdiviana* Phil, *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott, *Pistia stratiotes* L, *Wolffiella lingulata* (Hegelm.) Hegelm, *Wolffiella oblonga* (Phil) Hegelm.

Para as espécies de Araceae macrófitas foram confeccionadas pranchas científicas, onde todos os desenhos foram ilustrados sobre o papel sulfite, com as dimensões de 21 cm x 29,7 cm e nas condições do formato A4. Para a arquitetura foliar de cada exemplar foram feitas também ilustrações das estruturas foliares, dando enfoque às suas principais nervuras, caracterizando por meio de esboços e esquemas a definição dos traços foliares e nervais de cada uma, com fins de conhecimento de identificação científica. Para todos os desenhos caracterizados, foram empregadas escalas numéricas de ampliação e redução, utilizada para medição dos materiais ilustrados.

O grafite é um a técnica elementar, com recursos limitados, permite de acordo com a habilidade e o domínio técnico do executor, alcançar resultados surpreendentes por meio do uso de traços, contornos, granulações de tons, associados a recursos como esfuminhos

e borrachas (Glossário de Técnicas Artísticas, 2015).

A técnica de Ilustração Científica aplicada no trabalho foi a dos primeiros ilustradores botânicos Albrecht Meyer e Heinrich Fullmaye, que fizeram o uso do lápis a grafite. As amostras foram desenhadas fazendo uso do lápis da série HB, nº2, determinando os registros dos tons claros e escuros, dos volumes, dos esfumados, contornos e linhas finas, abrangendo então toda a técnica do grafite. Foi feito ainda uso de borracha maleável para remover traços indesejáveis dos esboços desenhados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são indicadas as descrições das espécies de Araceae aquáticas.

Lemna aequinoctialis Welw., Apont. 578. 1858 [1859]. (Fig.2)

Erva com frondes flutuantes livres com uma raiz, **Raízes** envolvidas por uma película cilíndrica alada; **Fronde** assimétrica, variando de obovada a lanceolada, 5 × 3 mm, clorofilada, de cor cintilante nas partes abaxial e adaxial, ápice arredondado, base obtusa; apresenta duas papilas na região dorsal, onde uma fica na base e a outra sendo maior perto da margem distal da fronde, apresentando três nervuras visíveis. **Inflorescência e fruto** não visualizados.

Lemna valdiviana Phil., Linnaea. 33: 239.1864. (Fig.2)

Erva com frondes flutuantes ou suavemente submersas. **Raiz** 1 cm, com película cilíndrica; **Fronde** não alada, assimétricas na base, oblongo-ovadas 4 × 3 mm, juntas entre si por duas ou quatro frondes, cor verde médio brilhante nas partes abaxial e adaxial, ápice arredondado e base mais estreita; presença de uma papila na linha mediana na região dorsal, possuindo uma única nervura central; **Inflorescência** não vista; **Fruto** 0,23-0,25 mm comprimento.

Montrichardia linifera (Arruda) Schott., Arac. Betreff. 1: 5.1854. (Fig.3)

Planta herbácea de hábito arborescente com 2,5 m de altura apresenta caule ereto alongado e robusto na base; entrenós bem desenvolvidos, sendo mais curtos no ápice do caule. **Folhas** sagitadas de cor verde díscolo variam entre 39-42 × 30-33 cm, são agrupadas no ápice do caule; pecíolo de cor esverdeada com base larga achatada, tendo curvatura próxima à lâmina foliar chamada de cunha; ápice ligular. **Inflorescências** com 29 - 30,1 cm; pedúnculo de forma cilíndrica de tom verde escuro com 6-11,3 cm. Espata com 10,5-21 × 8-10 cm sendo ereta, com região inferior em forma de tubo, onde na parte exterior sendo verde e no interior roseada, na região superior possui lâmina aberta em forma de barco, externamente verde e internamente de cor creme. Espádice fértil com 8-19 × 6-8,2 cm, dividido em zona feminina inferior amarronzada e zona masculina superior, cor branca a amarela externamente; flor feminina com gineceu prismático-cilíndrico com 5 mm, ovário unilocular; flor masculina com androceu de 4-6 estames, estames livres, truncados no ápice com 5 × 3 mm, anteras sésseis. Infrutescência sendo globosa e robusta de cor verde-oliva,

com 24,5 × 5 cm. **Fruto** baga, possuindo sementes de cor amarronzadas sendo rígidas com 2 × 1,5 cm.

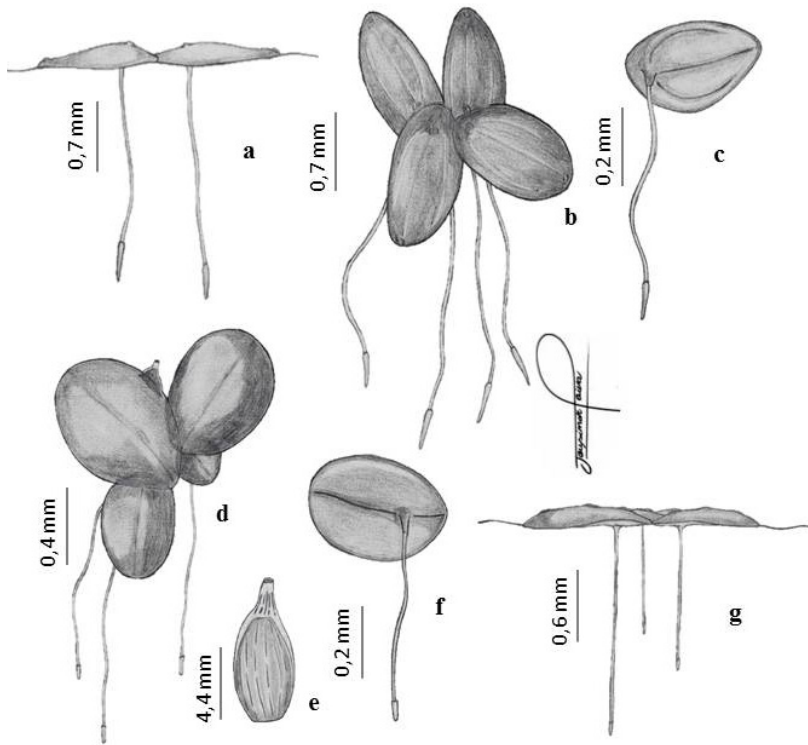


Figura. 2. *Lemna aequinoctialis*. **a-** hábito em relação à superfície da água **b-** Hábito **c-** nervuras na parte abaxial, *Lemna valdiviana*. **d-** hábito **e-** fruto **f-** nervura na parte abaxial **g-** hábito em relação à superfície da água.

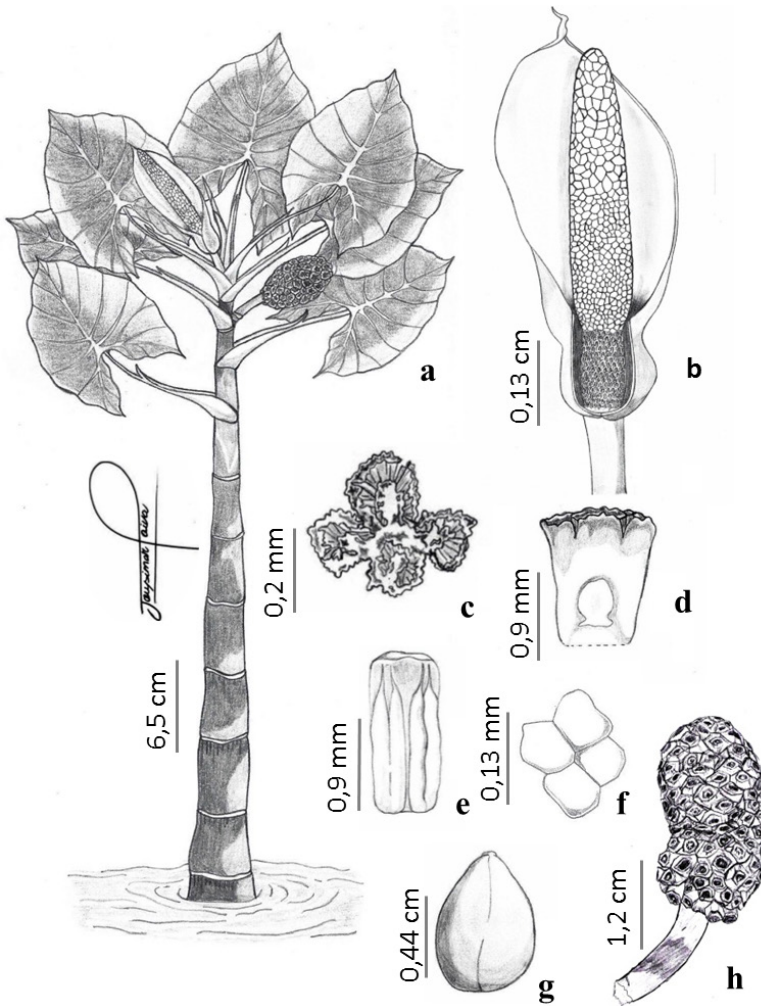


Figura 3. *Montrichardia linifera*. **a-** hábito **b-** inflorescência **c-** ovário **d-** ovário unilocular **e-** estame **f-**visão superior de 4 estames em conjunto **g-** infrutescência **h-** semente.

Pistia stratiotes L., Sp. Pl. 2: 963 (1753). (Fig. 4)

Macrófita aquática flutuante, livre ou fixa de 9,3 cm compr., acaulinar, possuindo estolões de coloração esverdeada. **Raízes** adventícias, de cor branca e marrom, pilosas, 15,3 cm compr. **Folhas** simples, em forma de rosetas, sendo peciolada a subséssil com 7,5 cm comp.; lâmina foliar com textura esponjosa variando do verde claro a verde acinzentado, obovada-oblonga, com base atenuada e ápice retuso; **Inflorescência** solitária, axilar, com 1,5 cm compr., espata branca a verde pálido, densamente pilosa. Flores masculinas no ápice da espádice; Flores femininas na base; ovário ovoide, com presença de tricomas ao redor. **Fruto** baga, verde, irregular com cerca de 5 cm. Semente no formato de barril de cor marrom com parede reticulada apresentando 3 mm comprimento.

Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm., Bot. Jahrb. Syst. 21(3): 303–304. 1895. (Fig.

5)

Macrófita aquática com frondes livres e flutuantes, de textura membranosa com formato de lingueta, sendo possível encontrar unida em duas ou solitárias, dorsalmente côncavas sendo bastante sensível, não possuindo caule e nem raízes com 6×3 mm; submersa de tom verde médio brilhante na parte adaxial e abaxial; base levemente incompleta, ápice arredondado em algumas ocasiões mais estreito que a base; parte basal emersa; cavidade vegetativa aparente; possuindo variação morfológica nas frondes.

Wolffiella oblonga (Phil.) Hegelm., Bot. Jahrb. Syst. 21(3): 303. 1895. (Fig.5)

Macrófita aquática com frondes livres e flutuantes, delgadas e suavemente falcadas sendo assimétricas; não constituída de raiz e caule; submersas na superfície da água possui também espécimes com frondes levemente curvadas unidas pela cavidade vegetativa com formação colonial de 2-6, muitas vezes em forma estrelada com $7,3 \times 3,5$ mm.

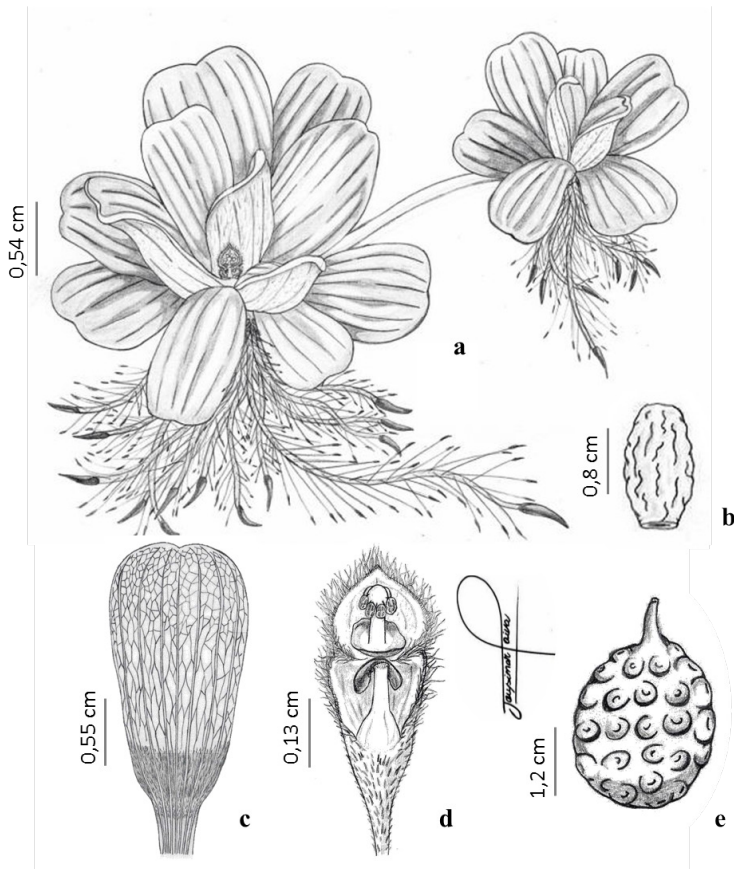


Figura. 4. *Pistia stratiotes*. a- hábito b- semente c- folha d- inflorescência e- fruto.

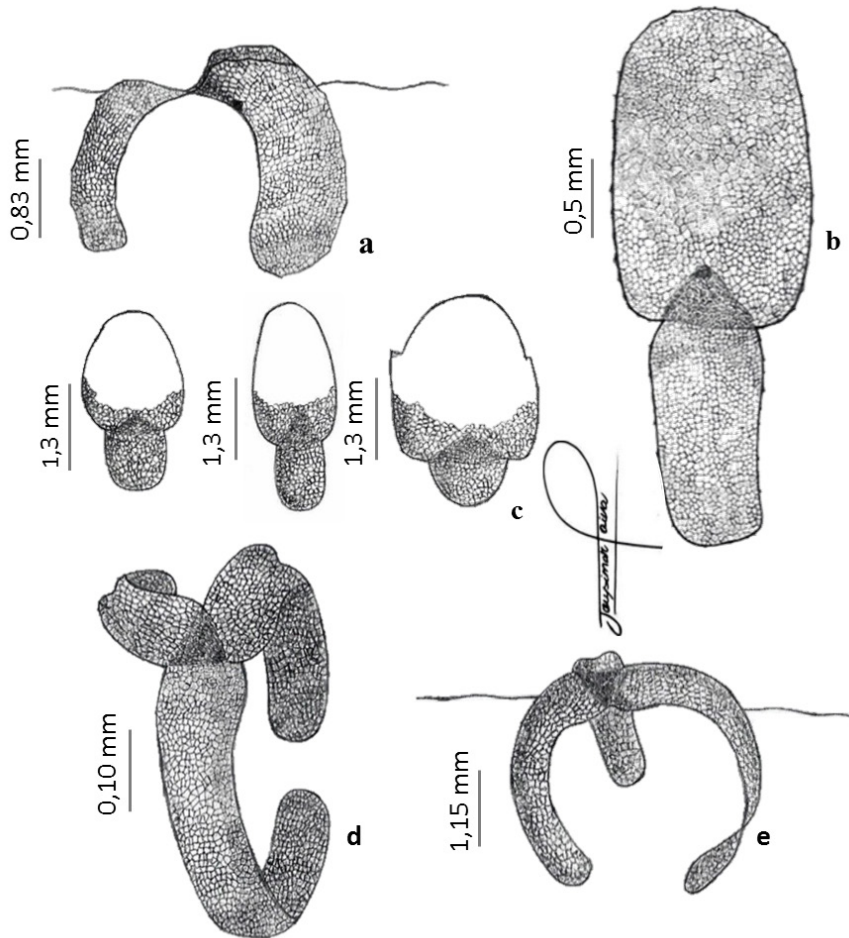


Figura 5. *Wolffiella lingulata*. **a-** hábito em relação à superfície da água **b-** hábito **c-** variações da fronde, *Wolffiella oblonga*. **d-** hábito **e-** hábito em relação à superfície da água.

ARQUITETURA DAS NERVURAS FOLIARES

Lemna aequinoctialis Welw.

Espécie constituída por três nervuras longitudinais de visualização aparente na face abaxial da fronde onde uma está localizada no centro e as outras duas lateralmente sendo as mesmas curvinérveas (Fig.6 A).

Lemna valdiviana Phil.

Espécie constituída por uma única nervura central, estendendo-se entre o nó vegetativo até próximo ao ápice da fronde (Fig.6 B).

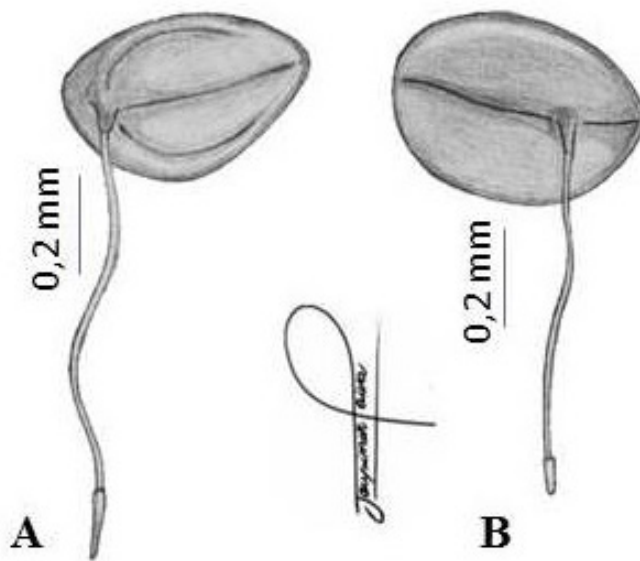


Figura. 6. A- *Lemna aequinoctialis* Welw.: fronde com três nervuras, 1 central e 2 laterais, B- *Lemna valdiviana* Phil.: fronde com um única nervura central.

Montrichardia linifera (Arruda) Schott.

Apresenta nervura central e nervuras primárias laterais, proeminente na face abaxial sendo de cor levemente amarelada, com base sagitada, margem ondulada e ápice obtuso-acuminado (Fig.7 A). Nervuras laterais primárias apresentando entre 6-10 pares com venação fina mais ou menos reticulada, nascendo das primárias as nervuras secundárias e terciárias (Fig.7 B).

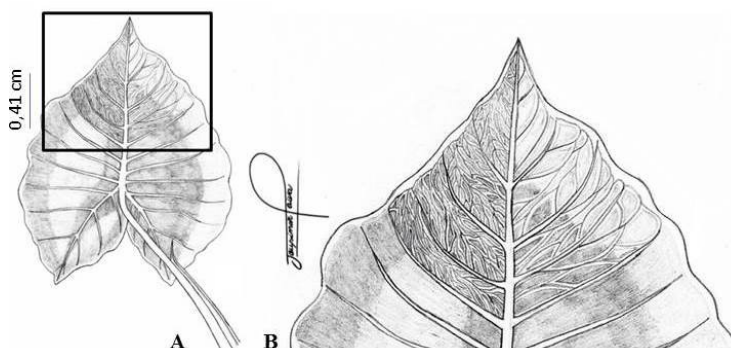


Figura. 7. *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott.: A- folha com nervuras central e lateral, B- nervuras laterais primárias, secundárias e terciárias.

Pistia stratiotes L.

Lâmina foliar esponjosa obovada com nervuras dispostas paralelamente proeminentes na face abaxial, com coloração verde pálida (Fig.8 A), Nervuras paralelas em números de 5 a 8, nervação secundária desregular e ápice arredondado a retuso (Fig.8 B) base atenuada com presença de tricomas abundantes em ambas as faces cobrindo a superfície da lâmina (Fig.8 C).

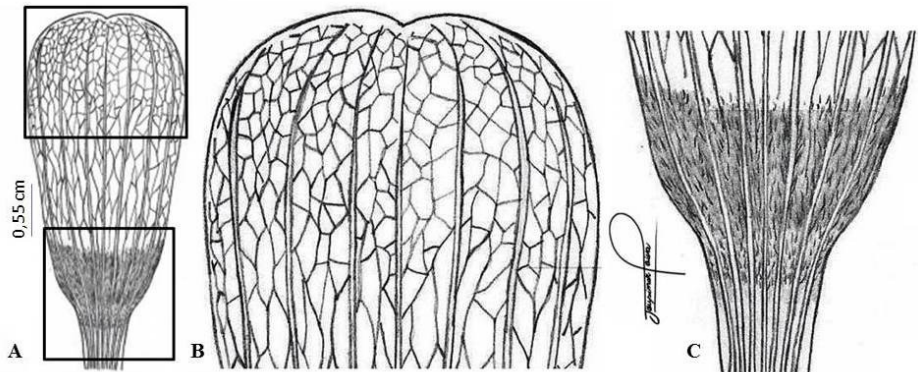


Figura. 8. *Pistia stratiotes* L.: **A-** Lâmina foliar com nervuras paralelas, **B-** ápice com nervuras secundárias desregular, **C-** base com tricomas.

Wolffiella oblonga (Phil.) Hegelm.

Sequência de células alongadas situadas ao longo da borda da cavidade vegetativa; sendo bem visível a cicatriz do estipe, apresentando células de pigmento castanho na superfície da fronde (Fig.9 A).

Wolffiella lingulata (Hegelm.) Hegelm.

Sequência de células alongadas situadas entre a linha central e a borda da parede da cavidade vegetativa (nunca na borda); com células de pigmento na epiderme da fronde com ou sem estômatos, localizados lateralmente na base da fronde quando emersa (Fig.9 B).

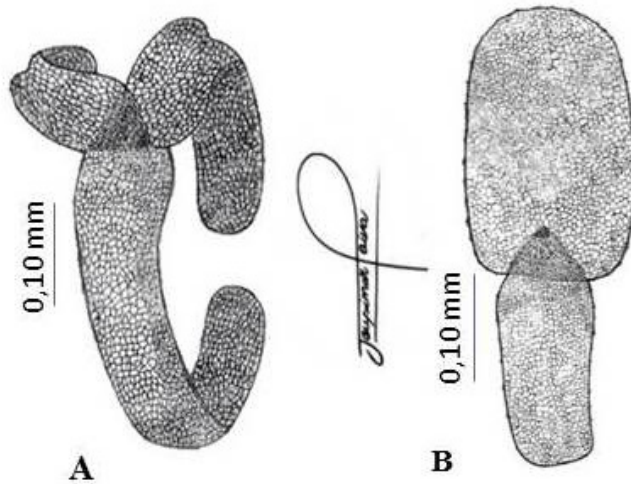


Figura. 9. A- *Wolffia oblonga* (Phil.) Hegelm.: frondes unidas em 3 com células alongadas e cavidade vegetativa visível, **B-** *Wolffia lingulata* (Hegelm.) Hegelm.: frondes na forma de lingueta com células alongadas entre a linha central e borda.

CONCLUSÕES

O presente estudo empregou de maneira apropriada o fundamento da Ilustração científica que é o desenvolvimento do conhecimento artístico científico na qual se pode ilustrar, agregar conhecimentos textuais e esclarecer por meio de imagens específicas, as análises minuciosas das estruturas visíveis externas e internamente dos organismos estudados tanto macroscópicas como microscopicamente.

O desenvolvimento do trabalho possibilitou a identificação adequada de todas as características e táxons das espécies observadas, através de suas determinadas pranchas científicas e das detalhadas ilustrações das arquiteturas foliares, mostrando como são distintas as estruturas e nervações dos exemplares estudados, pois é bastante comum a Ilustração Botânica ser usada como forma de documento científico para os registros das plantas, assim fortalecendo com esse trabalho o ramo da Ilustração Botânica.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. 2004. **Diagnóstico do Município de Parnaíba**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/piaui/relatorios/150.pdf>. Acesso em: 12 out. 2020.

BOGNER, J. Morphological Variation in Aroids. *Aroideana*, v. 10, n. 2, p. 4-16, 1987.

CARNEIRO, D. **Ilustração Botânica**: princípios e métodos. 1º ed. Curitiba, PR. UFPR ed. 2011. 23, 24, 83, 93 p.

FORD, B.J. **Images of science. A history of scientific illustration.** Londres, The British Library, 1992.

Glossário de Técnicas Artísticas. 2015. **O desenho: grafite e lápis de cor.** Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/glossario-tecnicas-artisticas/creditos.php>> Acesso em 15 de maio de 2015

LEITE, J.F. A Ilustração Botânica em defesa do Cerrado. **Revista UFG**, ano 12, n.9, dez. 2010.

LEITE, R.L. **Influência de macrófitas aquáticas sobre a qualidade da água de açudes do semi-árido da Paraíba.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2001. 129p.

PORTO, B.L.; CORRÊA, M.G.S.; GONÇALVES, D.O.; COELHO, M.N.; CORRÊA, L.B.; MAUCH, C.R.; VIÉGAS, J. Citogenética de quatro exemplares de *anthurium intermedium* kunth do bioma Mata Atlântica. **XVI Congresso de Iniciação Científica**, Pelotas/RS, Campus, UFPel, 27,28,29 de novembro de 2007.

RAPATÃO, V. S.; PEIRÓ, D. F. Ilustração científica na biologia: aplicação das técnicas de lápis de cor, nanquim (pontilhismo) e grafite. **Revista da Biologia** (2016) 16 (1): 7-14 DOI: 10.7594/revbio.16.01.02

SCHIMPER, A.F.W. et al. **Plant-Geography Upon a Physiological Basis... The Authorized English Translation by WR Fisher... Revised and Edited by P. Groom and IB Balfour... With...Five Collotypes, Four Maps, Etc.** Oxford; Henry Frowde: London, 1903.

SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V.J., HORA, R.C., SOUZA, P.R. 1999. **Nos jardins submersos da Bodoquena: Guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região.** Editora UFMS, Campo Grande, MS, Brasil.

SUGUITURU, S.S. & MORINI, M.S.C. Arte e ciência: uso de diferentes técnicas de Ilustração científica. In: XV Congresso de Iniciação Científica da Universidade de Mogi das Cruzes. Mogi das Cruzes, 2012.

TOBE, H.; KADOKAWA, T.J. **PLANT RES.** 2010, 123, 731.

ZWEIFEL, F. **A handbook of biological illustration.** Chicago: Chicago University Press, 1988.

SOBRE O ORGANIZADOR

JESUS RODRIGUES LEMOS - Professor do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Delta do Parnaíba-UFDPAr (anterior UFPI/*Campus* Ministro Reis Velloso), desde março de 2007. Possui Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí, Mestrado em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco, Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica) pela Universidade de São Paulo e Pós-Doutorado no *Royal Botanic Gardens, Kew*, Londres. Desenvolve pesquisas na área de Botânica, com ênfase em Florística, Fitossociologia, Fitogeografia e Etnobotânica com a vegetação do semiárido brasileiro.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alelopatia 1, 2, 8

Aleloquímico 10, 1, 4, 5

Alismatales 77

Alpiste 1, 3, 4, 5, 6

Anatomia vegetal 55

Antóceros 60, 62, 74

Aquático 45, 77

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

Arquitetura Foliar 56, 78

B

Berry Seeds 11, 13, 16, 17, 19

Biossíntese 10, 22, 24, 25, 36

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

C

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

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

Crescimento Vegetal 3, 24

D

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

Dormancy 11, 13, 16, 19

E

Ericaceae family 11

Estômatos 7, 45, 49, 51, 54, 85

F

Farmacognosia 32, 41, 42, 44, 55

Feixes Vasculares 45, 47, 49, 50

Fitomedicamentos 22, 24, 25

Fitorremediação 45, 54

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

G

Germinação de sementes 4, 5, 7, 12

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

Gibberellic Acid 11, 13, 15, 18, 19

Glomeromycota 22

H

Hepáticas 38, 62, 69, 72, 74

I

Identificação Científica 78

L

Leguminosae 32, 33, 34, 40

Luz 1, 4, 5

M

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

Mamão 1, 3, 4, 7, 9

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

Micorrizas 22, 25

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

P

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

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

Plantas Medicinais 27, 32, 57

S

Simbiose 22, 23

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

Solventes orgânicos 32

Substrato 59, 63, 64, 70

T

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

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

V

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



Tópicos Integrados em Botânica



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Tópicos Integrados em Botânica



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 