

Universidade
Estadual de Goiás

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS

Campus de Ciências Socioeconômicas e Humanas
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Interdisciplinar em Territórios
e Expressões Culturais no Cerrado

MARCIO JUNIOR PEREIRA

***Hygrophila* R.Br. (ACANTHACEAE) NO CERRADO**

**GOIANO: HISTÓRIA, TAXONOMIA E
POTENCIALIDADES**

**Anápolis
2025**

MARCIO JUNIOR PEREIRA

Hygrophila R.Br. (ACANTHACEAE) NO CERRADO GOIANO: HISTÓRIA,
TAXONOMIA E POTENCIALIDADES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Interdisciplinar em Territórios e Expressões Culturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Sociais e Humanidades, na área interdisciplinar. Linha de pesquisa 2 - Saberes, Sociedade e Natureza no Cerrado.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Josana de Castro Peixoto

Coorientador: Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva-Neto
(IFG, UEG, GO)

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Kalina da Silva
Monteiro (INSA, PB)

Anápolis
2025

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, **CsA n.1087/2019** sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Estando ciente que o conteúdo disponibilizado é de inteira responsabilidade do autor / autora.

Dados do autor (a)

Nome Completo Márcio Junior Pereira

E-mail marciopereira1898@gmail.com

Dados do trabalho

Título Hygrophila R Br (Acanthaceae) no Cerrado Goiano: História, Taxonomia

e Potencialidades

☒ (x) Dissertação

Curso/Programa PPG TECCER

Concorda com a liberação documento?

☒ [x] SIM

☐ [] NÃO

Obs: Período de embargo é de um ano a partir da data de defesa

Anápolis, 29/07/2025

Local

Data

Documento assinado digitalmente



MARCIO JUNIOR PEREIRA

Data: 29/07/2025 13:13:50-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor / autor:

Documento assinado digitalmente



JOSANA DE CASTRO PEIXOTO

Data: 30/07/2025 08:07:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do orientador / orientadora

Ficha catalográfica

P436h

Pereira, Márcio Júnior.

Hygrophila R. Br. (Acanthaceae) no cerrado goiano
[manuscrito]: história, taxonomia e potencialidades / Márcio
Júnior Pereira. - Anápolis, GO. 2025.

94f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto.

Coorientador: Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva-Neto.

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Kalina da Silva
Monteiro.

Dissertação (Mestrado em Territórios e Expressões
Culturais no Cerrado) - Universidade Estadual de Goiás,
Unidade Universitária Anápolis de Ciências Socioeconômicas e
Humanas – Nelson de Abreu Júnior, Anápolis, 2025.

Inclui bibliografia.

1.Botânica histórica – Cerrado goiano. 2.Botânica –
Taxonomia – Lamiales. 3. Botânica – Prospecção – Cerrado
goiano. 4.Fitoquímica – Cerrado Goiano. 5.Dissertações –
TECCER - UEG/UnuCSEH. I.Peixoto, Josana de Castro. II.Silva-
Neto, Carlos de Melo e . III.Monteiro, Fernanda Kalina da
Silva. IV.Título.

CDU 581(817.3)(043)

Elaborada por Aparecida Marta de Jesus

Bibliotecária/UEG/UnuCSEH

CRB-1/2385



Câmpus
Central
UnU - Anápolis - CSEH
Nelson de Abreu Júnior



Universidade
Estadual de Goiás



ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 27 dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e cinco, a partir das 14:00 horas, na sala de aula do Programa de Pós-graduação em Territórios e Expressões Culturais do Cerrado da UnuCSEH – Nelson de Abreu Júnior, em **formato híbrido**, realizou-se a sessão de julgamento da dissertação do discente **MARCIO JUNIOR PEREIRA**, intitulada: **“Hygrophila R. Br. (Acanthaceae) NO CERRADO GOIANO: HISTÓRIA, TAXONOMIA E POTENCIALIDADES”**. A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes Professores: Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto (Orientadora), Prof. Dr. Isa Lucia de Moraes (Membro Externo), Prof^ª. Dr^ª. Poliene Soares dos Santos Bicalho (Membro Interno), Prof^ª. Dr^ª. Sabrina do Couto Miranda (Suplente Interno), Prof. Dr. Ferando Gomes Barbosa (Suplente Externo), Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva-Neto (Coorientador) e Prof^ª. Fernanda Kalina da Silva Monteiro (Coorientadora). Os membros da banca fizeram suas observações e sugestões, as quais deverão ser consideradas pelo discente e seu orientador. Em seguida a Banca Examinadora reuniu-se, em sessão secreta, atribuindo ao discente os seguintes resultados.

Profa. Dra. Josana de Castro Peixoto (Orientadora) (☒) aprovado (☐) reprovado.

Assinatura



Documento assinado digitalmente
JOSANA DE CASTRO PEIXOTO
Data: 30/06/2025 11:04:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Isa Lucia de Moraes (Membro Externo)

(☒) aprovado (☐) reprovado.

Assinatura



Documento assinado digitalmente
ISA LUCIA DE MORAIS
Data: 01/07/2025 10:01:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Poliene Soares dos Santos Bicalho (Membro Interno)

(☒) aprovado (☐) reprovado.

Assinatura



Documento assinado digitalmente
POLIENE SOARES DOS SANTOS BICALHO
Data: 30/06/2025 11:21:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva-Neto (Coorientador)

(☒) aprovado (☐) reprovado.



Documento assinado digitalmente
CARLOS DE MELO E SILVA NETO
Data: 02/07/2025 06:29:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Fernanda Kalina da Silva Monteiro (Coorientadora).

(☒) aprovado (☐) reprovado.



Documento assinado digitalmente
FERNANDA KALINA DA SILVA MONTEIRO
Data: 01/07/2025 23:39:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Resultado Final: (X) aprovado () reprovado.

Observações:

Reaberta a sessão pública, o Orientador proclamou o resultado e encerrou a sessão às 17:01 horas, da qual foi lavrada a presente ata que será assinada pelo discente e pelos membros da banca examinadora supracitada. Discente: **MARCIO JUNIOR PEREIRA**

 Documento assinado digitalmente
MARCIO JUNIOR PEREIRA
Data: 02/07/2025 08:08:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Unidade Universitária Anápolis de Ciências Socioeconômicas e Humanas - Nelson de Abreu
Júnior

Av. Juscelino Kubitschek n. 146, Bairro Jundiá,
CEP: 75.110-390, Anápolis – GO.
Telefone: (62) 3311-2950

Site: www.teccer.ueg.br
Instagram: @teccerueg
E-mail: teccer@ueg.br

MARCIO JUNIOR PEREIRA

Hygrophila R.Br. (ACANTHACEAE) NO CERRADO GOIANO: HISTÓRIA,
TAXONOMIA E POTENCIALIDADES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Interdisciplinar em Territórios e Expressões Culturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Sociais e Humanidades, na área interdisciplinar. Linha de pesquisa 2 - Saberes, Sociedade e Natureza no Cerrado.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Josana de Castro Peixoto

Coorientador: Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva-Neto
(IFG, UEG, GO)

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Kalina da Silva
Monteiro (INSA, PB)

MARCIO JUNIOR PEREIRA

Hygrophila R.Br. (ACANTHACEAE) NO CERRADO GOIANO: HISTÓRIA,
TAXONOMIA E POTENCIALIDADES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Interdisciplinar em Territórios e Expressões Culturais do Cerrado, da Universidade Estadual de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Sociais e Humanidades, na área interdisciplinar. Linha de pesquisa 2 - Saberes, Sociedade e Natureza no Cerrado.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Josana de Castro Peixoto

Coorientador: Prof. Dr. Carlos de Melo e Silva-Neto (IFG, UEG, GO)

Coorientadora: Prof^a Dr^a. Fernanda Kalina da Silva Monteiro (INSA, PB)

Banca Examinadora

Prof^a Dr^a Poliene dos Santos Soares Bicalho
UEG / PPG TECCER

Prof^a Dr^a Isa Lucia de Moraes
UEG / PPGAS-Quirinópolis

Anápolis, 27 de junho de 2025

Dedico este trabalho aos Pesquisadores, Taxonomistas e Historiadores que não tiveram a oportunidade de ingressar em uma graduação. A todos aqueles que não tiveram condições para... Acesso há... e a Possibilidade de... Usufruir de seus Direitos.

Agradecimentos

A realização desta dissertação só foi possível graças ao apoio, dedicação e generosidade de muitas pessoas, instituições e parceiros ao longo desta caminhada. Agradeço, de forma especial, aos colegas Rodolph Sartin, Maisa Lobo, Marina Lobo, Marcela Lobo, Virley Gonçalves, Josiel Lemes e Raniel Vilefort pelo auxílio imprescindível nas coletas de campo. Cada um contribuiu com entusiasmo, cuidado e companheirismo, tornando essa etapa mais leve e memorável.

Meu agradecimento muito especial ao Rodolph, que esteve ao meu lado nas primeiras incursões de campo e me guiou com generosidade e paciência em cada ensinamento compartilhado. Sua amizade e apoio desde o início foram decisivos.

Agradeço sinceramente ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás (SEMAD-GO) pelas autorizações de coleta concedidas, bem como aos gestores das Unidades de Conservação pela receptividade nas áreas protegidas e pelo alojamento oferecido durante as expedições.

Meus agradecimentos aos curadores e curadoras de todos os herbários visitados, que gentilmente disponibilizaram acervos, compartilharam conhecimento e contribuíram para o avanço desta pesquisa.

Sou profundamente grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos e pelo fomento que viabilizou parte das atividades de campo no Cerrado goiano.

A pesquisa interdisciplinar é, antes de tudo, uma construção coletiva. Deixo aqui meu reconhecimento à Joelma Abadia, Fernanda Kalina, Carlos de Melo, Poliene Bicalho e Josana Peixoto, que contribuíram com excelência em suas áreas de atuação e ajudaram a moldar este trabalho com saberes diversos e complementares.

Meus sinceros agradecimentos à Lara Regina e Milena Melo, por toda amizade e apoio generoso em momentos cruciais da minha trajetória profissional! A presença de vocês foi um amparo. À Lara Valério, expresso gratidão pela parceria constante, pelo incentivo e pela dedicação em etapas importantes da pesquisa.

Ao Eduardo, estudante de Iniciação Científica, agradeço pela colaboração precisa e pela curiosidade científica demonstrada durante os experimentos de triagem fitoquímica.

Aos amigos e amigas do Programa de Pós-Graduação em Territórios e Expressões Culturais no Cerrado (PPG TECCER), meu profundo agradecimento pelo convívio inspirador e pelas trocas generosas. Em especial, à Maria, Vera, Eduardo, Maximiliano e Alexandre, pelas conversas, escuta atenta e apoio constante durante as disciplinas. Nossa convivência ampliou minha visão acadêmica e pessoal.

À Beryl, agradeço pelo apoio constante e pelos incentivos sinceros, que sempre me encorajaram a seguir firme no estudo das plantas. Seu olhar confiante fez toda a diferença.

Aos meus orientadores, Josana de Castro Peixoto, Fernanda Kalina Monteiro e Carlos de Melo e Silva Neto, registro minha admiração e gratidão por sua orientação primorosa, sensível e comprometida. Suas contribuições foram essenciais para que esta dissertação ganhasse forma e consistência.

Agradeço especialmente à professora Poliene Soares Bicalho, pelo apoio firme e sensível enquanto Coordenadora do PPG TECCER e por sua atuação inspiradora como historiadora. Sua escuta atenta, articulação generosa e incentivo constante me sustentaram em momentos cruciais desta jornada.

Ao Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic/UFG), agradeço pelas análises palinológicas realizadas com excelência, que contribuíram de forma determinante para os resultados alcançados.

A todas e todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a construção deste trabalho, meu muito obrigado.



"Se pude enxergar mais longe, foi porque me apoiei em ombros de gigantes".

(Isaac Newton)

Resumo

A família Acanthaceae representa um dos grupos mais diversos de angiospermas em regiões tropicais, todavia ainda, expressa uma sub-representação em levantamentos florísticos do Cerrado brasileiro, com poucos trabalhos específicos. Esta dissertação investigou o gênero *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae) no estado de Goiás a partir de uma abordagem interdisciplinar, integrando botânica histórica, fitoquímica, taxonomia e morfologia polínica. No primeiro capítulo, o uso de fontes documentais permitiu a redescoberta de *Hygrophila humistrata* Rizzini, uma espécie endêmica do Cerrado Goiano, conhecida somente pela série tipo coletada em 1952. A análise do material redescoberto, associada a evidências morfológicas e palinológicas, revelou incongruências com a circunscrição genérica original, motivando a proposta de nova combinação taxonômica, que será feita externa à dissertação. O segundo capítulo apresenta os resultados da triagem fitoquímica de *H. guianensis* e *H. humistrata*, além da composição parcial do óleo essencial de *H. humistrata*, evidenciando a presença de metabólitos secundários com potencial farmacológico. No terceiro capítulo, foi realizado o tratamento taxonômico das espécies de *Hygrophila* no Cerrado Goiano, associado a análises palinológicas que reforçam diferenças consistentes entre *H. costata* e *H. guianensis*. São fornecidas análises de padrões fenológicos, mapas de distribuição conhecida das espécies, ilustrações, fotografias *in situ* e micrografias dos grãos de pólen. A articulação entre distintas áreas do conhecimento permitiu redescobrir espécies negligenciadas, revelando seu potencial bioativo e esclarecendo limites taxonômicos por meio de análises morfo-palinoquímicas. Essa abordagem interdisciplinar ampliou a compreensão ecológica do grupo e reforçou a importância de estratégias de conservação multidisciplinares. Trabalhos dessa natureza contribuem para consolidar o conhecimento sobre a biodiversidade em biomas profundamente ameaçados, como o Cerrado.

Palavras-chave: Lamiales, Prospecção, Biodiversidade.

Abstract

The Acanthaceae family stands out as one of the most diverse groups of angiosperms in tropical regions, yet remains underrepresented in floristic surveys of the Brazilian Cerrado. This dissertation investigates the genus *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae) in the state of Goiás through an interdisciplinary approach that integrates historical botany, phytochemistry, taxonomy, and pollen morphology. In the first chapter, historical documents enabled the rediscovery of *Hygrophila humistrata* Rizzini, an endemic species from the Cerrado of Goiás previously known only from its type series collected in 1952. Morphological and palynological analyses of the rediscovered material revealed incongruences with its original generic placement, supporting a new taxonomic combination to be proposed in a separate publication. The second chapter presents the phytochemical screening of *H. guianensis* and *H. humistrata*, as well as the partial composition of the essential oil of the latter, revealing secondary metabolites with pharmacological potential. The third chapter provides a taxonomic treatment of *Hygrophila* species in Goiás, supported by palynological analyses that highlight consistent differences between *H. costata* and *H. guianensis*. Phenological patterns, distribution maps, in situ photographs, illustrations, and scanning electron micrographs of pollen grains are also provided. The integration of multiple disciplines enabled the rediscovery of neglected species, unveiled their bioactive potential, and clarified taxonomic boundaries through morpho-palynological evidence. This interdisciplinary strategy deepens the ecological understanding of the group and underscores the value of integrated conservation efforts, particularly in highly threatened biomes such as the Cerrado.

Keywords: Lamiales, Bioprospecting, Biodiversity.

Lista de Tabelas

TABELA 1 - RESULTADOS OBSERVADOS NA TRIAGEM FITOQUÍMICA QUALITATIVA DA DROGA VEGETAL DAS FOLHAS DE <i>HYGROPHILA HUMISTRATA</i> COLETADA NO MUNICÍPIO DE NIQUELÂNDIA E <i>HYGROPHILA GUIANENSIS</i> , COLETADA EM SÃO JOÃO DA ALIANÇA, ESTADO DE GOIÁS.	56
TABELA 2 - RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>H. HUMISTRATA</i> (ACANTHACEAE) OCORRENTE EM REMANESCENTE DE CERRADO DO MUNICÍPIO DE NIQUELÂNDIA GOIÁS.	57
TABELA 3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>H. HUMISTRATA</i> (ACANTHACEAE) OCORRENTE EM REMANESCENTE DE CERRADO, NIQUELÂNDIA GOIÁS. DESTACADOS EM NEGRITO OS COMPONENTES COM MAIOR TEOR DE ÓLEO NA ESPÉCIE.	57
TABELA 4 - COMPONENTES PRINCIPAIS E PERCENTUAL DE TEOR DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>H. HUMISTRATA</i>	59
TABELA 5 - TEORES MÍNIMOS E MÁXIMOS DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DO ÓLEO ESSENCIAL DA AMOSTRA DE <i>H. HUMISTRATA</i>	60
TABELA 6 – CARACTERES MACROMORFOLÓGICOS PARA DIAGNOSE E DIFERENCIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>HYGROPHILA</i> OCORRENTES NO ESTADO DE GOIÁS.	70
TABELA 7 – DIAGNOSE DOS CARACTERES PALINOLÓGICOS DAS ESPÉCIES DE <i>HYGROPHILA</i> OCORRENTES NO ESTADO DE GOIÁS.	80

Lista de Figuras

FIGURA 1 – AMARO MACEDO NA “PEDRA GOIANA” SERRA DOURADA, GO.	20
FIGURA 2 – REGISTRO DE COLETA DO MATERIAL TIPO DE <i>H. HUMISTRATA</i> NO CADERNO DE CAMPO DE AMARO MACEDO.	23
FIGURA 3 – CARTA DA BOTÂNICA GRAZIELA MACIEL BARROSO PARA AMARO MACEDO EM 1955, INFORMANDO A IDENTIFICAÇÃO DE ALGUMAS DE SUAS COLETAS. ENTRE AS IDENTIFICAÇÕES FEITAS PELO TAXONOMISTA CARLOS TOLEDO RIZZINE, A IDENTIFICAÇÃO DE <i>HYGROPHILA HUMISTRATA</i> UMA NOVA ESPÉCIE.	24
FIGURA 4 - ISOTYOUS DE <i>HYGROPHILA HUMISTRATA</i> RIZZINI (SP 84582).....	25
FIGURA 5 - PERCURSO DE AMARO MACEDO (ITUJUTABA, MG A CORUMBÁ, GO), ESPACIALIZADO A PARTIR DOS RELATOS DE AMARO, TRANSCRITOS EM FELIPPE E DUARTE-MACEDO (2009).....	26
FIGURA 6 – CARTA MATRICIAL DE 1964. A: FAZENDA DO ESTREITO; B: FAZENDA PIRAPITINGA.....	27
FIGURA 7 - PALMEIRAL SEMELHANTE AO BABAÇU (<i>ATTALEA SPECIOSA</i> MART. EX SPRENG.), CONFORME OS DESCRITOS POR AMARO MACEDO EM 1952 AS MARGENS DA BR-414, NA EXPEDIÇÃO REALIZADA EM JULHO DE 2024.....	28
FIGURA 8 - ESPÉCIE SUCUPIRA (<i>PTERODON EMARGINATUS</i> VOGEL), A: HÁBITO; B: VISTA DAS INFLORESCÊNCIAS.	28
FIGURA 9 - ÁREA RECENTEMENTE QUEIMADA ÀS MARGENS DA BR-414 EM JULHO DE 2024, NESTA ÁREA FORAM REAMOSTRADAS CINCO DAS ESPÉCIES COLETADAS POR AMARO EM JULHO DE 1952.	29
FIGURA 10 - ESPÉCIES REAMOSTRADAS EM JULHO DE 2024: A: <i>TURNERA</i> SP (PEREIRA, M. J. 156).; B: <i>OXALYS GOIASENSIS</i> (PEREIRA, M. J. 155); C: <i>CAMAREA ERICOIDES</i> (PEREIRA, M. J. 160); D: <i>LIPPIA LUPULINA</i> (PEREIRA, M. J. 159); E: <i>ERIOPE CRASSIPES</i> (PEREIRA, M. J. 163).	30
FIGURA 11 - <i>MAGONIA PUBESCENS</i> A.St.-HIL., ESPÉCIME COLETADO EM JULHO DE 2024 AS MARGENS DA BR-414, A: INFLORESCÊNCIA; B: VISTA DA COPA COM FRUTOS CAPSULARES.....	31
FIGURA 12 - <i>HIRTELLA GLANDULOSA</i> SPRENG. COLETADA EM JULHO DE 2024 EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, AS MARGENS DA BR-414.....	32
FIGURA 13 - A: FAZENDA VARGEM QUERIDA NA CARTA MATRICIAL DE 1964; B: FAZENDA CACHOEIRA NA CARTA MATRICIAL DE 1973.	32
FIGURA 14 - CEMITÉRIO COM A MESMA DENOMINAÇÃO DA FAZENDA MENCIONADA POR AMARO. CARTA MATRICIAL DE 1973.	34
FIGURA 15 – A: REGISTRO FOTOGRÁFICO <i>IN SITU</i> ; B E C: HÁBITO DE <i>HYGROPHILA HUMISTRATA</i>	35
FIGURA 16 – INFOGRÁFICO DO PERCURSO PARA REENCONTRAR <i>HYGROPHILA HUMISTRATA</i> . A: INSERÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM NA AMÉRICA DO SUL; B: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE AMOSTRAGEM NO BRASIL; C: PERCURSO DE AMARO MACEDO DE MINAS GERAIS AO ESTADO DE GOIÁS; D: MUNICÍPIOS PERCORRIDOS PELO NATURALISTA A PARTIR DE CORUMBÁ DE GOIÁS; D1: CORUMBÁ DE GOIÁS; D2: COCALZINHO; D3: VILA PROPÍCIO; D4: NIQUÊLÂNDIA; E: FAZENDA DO ESTREITO; F: FAZENDA PIRAPITINGA; G: FAZENDA VARGEM QUERIDA; H: FAZENDA CACHOEIRA; I: PERCURSO E LOCALIZAÇÃO DA FAZENDAS DOCUMENTADAS NOS RELATOS DE AMARO MACEDO; J E K: VISTA DO RIO MARANHÃO EM JULHO DE 2024; L: VISTA DA COROLA DE <i>HYGROPHILA HUMISTRATA</i>	35
FIGURA 17 - <i>RUELLIA PANICULATA</i> L. A: HÁBITO; B: INFLORESCÊNCIA.....	37
FIGURA 18 - A: MARGENS ROCHOSAS DO RIO MARANHÃO, PRÓXIMA A POPULAÇÃO DE <i>H. HUMISTRATA</i> ; B: VISTA DO RIO MARANHÃO. AO FUNDO A ESTRADA QUE SOBE DA Balsa DO VALDIVINO; C: Balsa DO VALDIVINO NO RIO MARANHÃO.	37
FIGURA 19 - VISTA AÉREA DA LOCALIDADE TIPO DE <i>H. HUMISTRATA</i> : A: FAIXAS DE APP AS MARGENS DO RIO MARANHÃO; B: POVOADO DE QUEBRA-LINHA DISTRITO DE NIQUÊLÂNDIA, PRÓXIMO A POPULAÇÃO DE <i>H. HUMISTRATA</i> ; C: REMANESCENTES DE CERRADO, MARGINAIS AO RIO MARANHÃO.....	38
FIGURA 20 - USO E COBERTURA DO SOLO (COLEÇÃO 8 MapBIOMAS) EM RAIO DE 5 KM DA LOCALIDADE TIPO DE <i>H. HUMISTRATA</i> EM 1985 E 2021.	39
FIGURA 21 - ÍNDICE DA DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) EM RAIO DE 5KM DA LOCALIDADE TIPO DE <i>H. HUMISTRATA</i>	40
FIGURA 22 – COLETA DE MATERIAL VEGETATIVO PARA ANÁLISES LABORATORIAIS. A: COLETA DE <i>H. GUIANENSIS</i> NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DA ALIANÇA, GO; B: HÁBITO DE <i>H. GUIANENSIS</i> ; C: HÁBITO DE <i>H. HUMISTRATA</i> ; D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE <i>H. HUMISTRATA</i> NO MUNICÍPIO DE NIQUÊLÂNDIA, GO.	44

FIGURA 23 – VEGETAÇÃO NATIVA ASSOCIADA A CURSO HÍDRICO; A: CERRADO <i>STRICTO SENSU</i> MARGINAL A RIO NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS VEADEIROS, GO; B: COLETA DE <i>HYGROPHILA GUIANENSIS</i> , NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DA ALIANÇA, GO.....	66
FIGURA 24 – A: <i>HYGROPHILA COSTATA</i> EM VEREDA, NO MUNICÍPIO DE ORIZONA, GO; B: FORMAÇÃO VEGETACIONAL EM FISIONOMIA DO TIPO VEREDA NO MUNICÍPIO DE ORIZONA, GO.	67
FIGURA 25 – DIFERENÇAS VISUAIS DO CÁLICE DE ESPÉCIES DE <i>HYGROPHILA</i> OCORRENTES NO CERRADO GOIANO EM MATERIAL HERBORIZADO; A: CÁLICE DE <i>HYGROPHILA COSTATA</i> ; B: CÁLICE DE <i>HYGROPHILA GUIANENSIS</i> , DESTAQUE PARA OS PROLONGAMENTOS EPIDÉRMICOS MARGINAIS DO CÁLICE.....	71
FIGURA 26 – DISTRIBUIÇÃO FENOLÓGICA DE <i>H. GUIANENSIS</i> NO CERRADO GOIANO.	74
FIGURA 27 – DISTRIBUIÇÃO FENOLÓGICA DE <i>H. COSTATA</i> NO CERRADO GOIANO.....	74
FIGURA 28 - DISTRIBUIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS CONHECIDAS DE <i>HYGROPHILA</i> NO ESTADO DE GOIÁS.....	75
FIGURA 29 – <i>HYGROPHILA COSTATA</i> , A: HÁBITO SUBMERSO DA ESPÉCIE; B: <i>H. COSTATA</i> COM FOLHAS RUBRAS; C: HÁBITO EMERSO; D, E: INFLORESCÊNCIA; F, G: HÁBITO PALUSTRE.	77
FIGURA 30 – <i>HYGROPHILA GUIANENSIS</i> , A, E, F: HÁBITO; B,C,D: INFLORESCÊNCIA.	78
FIGURA 31 – A-F <i>HYGROPHILA GUIANENSIS</i> ; A: HÁBITO; B: COROLA DISSECADA; C: CÁLICE DISSECADO EVIDENCIANDO OS PROLONGAMENTOS EPIDÉRMICOS; D. FRUTO EM DEISCÊNCIA; E. SEMENTE; F: GINECEU. G-M <i>HYGROPHILA COSTATA</i> ; G: HÁBITO; H: INFLORESCÊNCIA; I: COROLA DISSECADA; J: CÁLICE DISSECADO; K: VISTA DA PARTE INTERIOR DA CÁPSULA COM RETINÁCULOS PRENDENDO AS SEMENTE; L: SEMENTE; M: GINECEU.....	79
FIGURA 32 - MICROGRAFIAS ELETRÔNICAS DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>HYGROPHILA COSTATA</i> . A: VISTA EQUATORIAL EVIDENCIANDO GRÃO ALONGADO, SIMÉTRICO, COM COLPOS PROEMINENTES; B: VISTA EQUATORIAL LATERAL APRESENTANDO TEXTURA ESPONJOSA E PROJEÇÕES LONGITUDINAIS DA SEXINA. C: VISTA POLAR MOSTRANDO ESTRUTURA ORBICULAR-SUBCIRCULAR, COM QUATRO COLPOS DISPOSTOS RADIALMENTE; D: AMPLIAÇÃO DA ORNAMENTAÇÃO DETALHANDO A SEXINA COM PADRÃO PERFURADO-HETERORRETICULADO, COMPOSTO POR MALHAS IRREGULARES E DEPRESSÕES INTERCONECTADAS POR CRISTAS SINUOSAS. ESCALA: A–C = 10 µm; D = 2 µm.	81
FIGURA 33 - MICROGRAFIAS ELETRÔNICAS DE VARREDURA (MEV) DOS GRÃOS DE PÓLEN DE <i>HYGROPHILA GUIANENSIS</i> A. VISTA POLAR EVIDENCIANDO GRÃO ORBICULAR-CIRCULAR COM TRÊS A QUATRO COLPOS; B: VISTA EQUATORIAL COM EXINA ESPESSA E PROJEÇÕES COLPADAS VISÍVEIS AO LONGO DO EIXO LONGITUDINAL; C: VISTA OBLÍQUA DESTACANDO A TEXTURA SUPERFICIAL COMPACTA E O CONTOURO REGULAR DO GRÃO; D: AMPLIAÇÃO DA ORNAMENTAÇÃO DETALHANDO A SEXINA, COM PADRÃO HETERORRETICULADO E PRESENÇA DE GRANULAÇÕES DENSAS, CONFERINDO APARÊNCIA GRANULADA À SUPERFÍCIE. ESCALA: A–C = 10 µm; D = 2 µm.	82

Sumário

APRESENTAÇÃO	16
CAPÍTULO 1 <i>Hygrophila humistrata</i> Rizzini (Acanthaceae): A PESQUISA HISTÓRICA E DOCUMENTAL COMO SUBSÍDIO AO (RE)ENCONTRO DE UMA ESPÉCIE MAIS DE SETE DÉCADAS APÓS SUA DESCRIÇÃO.....	19
1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 METODOLOGIA	20
1.3 DESENVOLVIMENTO	22
1.3 DISCUSSÃO	40
1.4 CONCLUSÃO.....	42
CAPÍTULO 2 <i>Hygrophila</i> R. Br. (Acanthaceae): COMPOSTOS BIOATIVOS PARA ESPÉCIES DO CERRADO GOIANO	43
2.1. INTRODUÇÃO	43
2.2. MATERIAIS E MÉTODOS	44
2.2.1 Obtenção de amostras	44
2.2.2 Caracterização macroscópica do farmacógeno.....	45
2.2.3 Preparo dos extratos	45
2.2.5 Determinação de Cinzas Totais.....	45
2.2.6 Determinação de Cinzas Insolúveis em Ácido Clorídrico (HCl)	46
2.2.7 Teste de Granulometria e Intumescência	46
2.2.7.1 Determinação da Granulometria do Pó.....	46
2.2.7.2 Determinação do Índice de Intumescência.....	47
2.2.8 Triagem fitoquímica.....	47
2.2.9 Determinação de Parâmetros para controle de qualidade.....	47
2.2.10 Flavonoides - Extração	47
2.2.10.1 Reação de cianidina ou de Shinoda.....	48
2.2.10.2 Reação Oxalo-Bórica	48
2.2.10.3 Reação de Ácido sulfúrico concentrado	48
2.2.11 Compostos fenólicos	48
2.2.11.1 Reação com Hidróxidos alcalinos	48
2.2.11.2 Reação com Cloreto de Alumínio	48
2.2.11.3 Reação com Cloreto Férrico.....	49
2.2.12 Heterosídeos antraquinônicos	49
2.2.12.1 Reação de Bornträger Indireta.....	49
2.2.13 Cumarinas - Extração	49
2.2.13.1 Reação com Idróxido de Sódio (NaOH)	50

2.2.14 Taninos - Extração	50
2.2.14.1 Reação com gelatina	50
2.2.14.2 Reação com alcaloides	50
2.2.14.3 Reação com sais metálicos.....	50
2.2.14.4 Reação com Hidróxidos alcalinos	51
2.2.15 Alcaloides - Extração ácida.....	51
2.2.15.1 Reação de caracterização	51
2.2.16 Heterosídeos Cardioativos - Extração	52
2.2.16.1 Reação de Liebermann-Burchard	52
2.2.16.2 Reação de Pesetz.....	52
2.2.16.3 Reação de Keller-Kiliani.....	52
2.2.16.4 Reação de Kedde	53
2.2.17 Saponinas.....	53
2.2.17.1 Determinação do índice de espuma	53
2.2.18 Heterosídeos Cianogênicos.....	54
2.2.18.1 Pesquisa de Heterosídeos Cianogênicos pela técnica de Guignard	54
2.2.18.2 Pesquisa de Heterosídeos Cianogênicos numa solução do azul de Prússia	54
2.2.19 Extração e caracterização dos óleos essenciais	54
2.3 RESULTADOS	55
2.4 DISCUSSÃO	60
2.5 CONCLUSÃO.....	62
CAPÍTULO 3 <i>Hygrophila</i> R. Br. (Acanthaceae) NO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL.	63
3.2.1 Área de Estudo	65
3.2.2 Expedições de Coleta.....	67
3.2.3 Herbários Consultados	68
3.2.4 Análise Morfológica e Descrição Taxonômica	68
3.2.5 Identificação e Delimitação Específica	68
3.2.6 Análises e Elaboraões Cartográficas	69
4 RESULTADOS	69
4.2 FENOLOGIA, OCORRÊNCIA E ECOLOGIA	73
4.2.1 Fenologia das espécies de <i>Hygrophila</i> identificadas no Cerrado Goiano	73
4.2.2 Distribuição das ocorrências de <i>Hygrophila</i> no Cerrado Goiano.	75
4.3 PRANCHAS FOTOGRÁFICAS E ILUSTRAÇÕES	76
4.4 ANÁLISES POLÍNICAS.....	80

4.3.1 Delimitação específica das espécies de <i>Hygrophila</i> do Cerrado Goiano pelos caracteres palinológicos	82
5 CONCLUSÃO.....	83
5 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO	83
5 REFERENCIAS	85

APRESENTAÇÃO

O Cerrado corresponde à savana mais rica em número de espécies do planeta, caracterizando um dos *hotspots* mundiais de conservação da biodiversidade (Klink e Machado, 2005). A ecorregião do Cerrado compreende um complexo vegetacional que varia com distintas caracterizações fitofisionômicas (Ribeiro e Walter, 2008).

Estas áreas naturais remanescentes dentro da grande região denominada Cerrado, são ocupadas por um mosaico de tipos de vegetação, caracterizado por um gradiente de biomassa, desde os campos, passando pelas fisionomias savânicas, até as fisionomias florestais (Durigan *et al.* 2018). A diversidade de angiospermas nos domínios fitogeográficos do Cerrado possui atualmente 12.162 espécies catalogadas (Flora e Funga do Brasil, 2020). Apesar da rica diversidade das regiões savânicas, em todo mundo, as florestas tropicais despertaram a atenção de cientistas, conservacionistas e da sociedade como um todo, muito antes das savanas e de outros tipos de vegetação não florestal (Durigan *et al.* 2018).

Nas últimas décadas o Cerrado tem passado por elevada conversão da paisagem nativa para usos alternativos do solo, o materializando como um bioma profundamente ameaçado (Fernandes; Frederico; Pereira, 2019).

Frente aos elevados índices de perda de áreas nativas, ainda em 2002, durante a Conferência das Partes (COP) a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) adotou a Estratégia Global para a Conservação das Plantas (*Global Strategy for Plant Conservation - GSPC*) (Kew, 2002). Os objetivos foram assumidos por 188 países, e deveria apresentar resultados até o ano de 2010, como por exemplo reduzir a taxa de extinção de plantas (Sharrock; Hoft; Dias, 2018).

Neste contexto, dentre a diversidade de angiospermas no Cerrado, destaca-se a família Acanthaceae compreendida entre as 12 famílias de angiospermas mais diversas taxonômica, geográfica e ecologicamente (Kiel; Daniel; McDade, 2018; McDade, Franck; Daniel, 2015; Manzitto-Tripp *et al.* 2022). Com aproximadamente 4.900 espécies, a diversidade taxonômica da família distribui-se no novo e no velho mundo, trópicos e subtrópicos (Manzitto-Tripp *et al.* 2022). Todavia há uma notável concentração em regiões temperadas, como os centros de diversidade em florestas secas e savanas do Brasil e México (Franck; Daniel, 2015; Manzitto-Tripp *et al.* 2022).

Entre plantas nativas e naturalizadas, são documentadas para o Brasil, 537 espécies distribuídas em 51 gêneros, sendo 302 espécies endêmicas do país (Flora e Funga do Brasil, 2025). Apesar da riqueza elevada de espécies e da distribuição quase mundial, há poucos botânicos profissionais que estão ativamente buscando e publicando novos conhecimentos filogenéticos e taxonômicos em Acanthaceae (Manzitto-Tripp et al. 2022). Dada a reduzida proporção de "estudiosos por espécie", estima-se menos de 20 desses pesquisadores em todo o mundo, dos quais, cerca de 12 estão fornecendo contribuições regulares (Tripp e Darbyshire, 2017). Esse cenário contribuiu para colocar as Acanthaceae em uma síntese de lacunas de conhecimento dentre todas as angiospermas, desafiando assim, o cumprimento total das metas apresentadas na Estratégia Global para Conservação de Plantas (Paton, 2008).

O gênero *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae) compreende cerca de 100 espécies (Karthikeyan et al. 2009), constituído por plantas herbáceas, ecologicamente associadas a ambientes úmidos, estando muitas vezes submersas nos corpos hídricos. São documentadas para o Brasil sete espécies, sendo cinco delas endêmicas do país (Flora e Funga do Brasil, 2025).

No Brasil, o táxon foi pouco estudado, sendo em sua maioria tratado dentro de estudos florísticos mais abrangentes, havendo poucas coletas incorporadas nas coleções científicas. No Cerrado este cenário não é diferente. Adicionalmente num cenário interdisciplinar são raros os trabalhos que abarcam representantes de Acanthaceae *sensu lato*.

Em contrapartida, essa região que corresponde à savana mais diversa em espécies do mundo, tem passado por uma perda acelerada de habitats, decorrente majoritariamente da intensa conversão de áreas nativas para o desenvolvimento de atividades agrossilvipastoris (Bustamante et al. 2012; Rodrigues et al. 2022). Neste contexto ressalta-se a importância e urgência de pesquisas da flora do Cerrado, uma vez que, a conservação de espécies raras e ameaçadas, assim como de toda biota, depende da conservação dos ecossistemas em que essas espécies ocorrem naturalmente (Durigan et al. 2018).

Diante do exposto, o estudo desenvolvido sobre a flora do gênero *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae) no Cerrado, sob as perspectivas histórica, taxonômica e de potenciais bioativos, integra-se à Linha 2: Saberes, Sociedade e Natureza do Cerrado, vinculada ao PPG TECCER da Universidade Estadual de Goiás (UEG). Essa linha de pesquisa foca nas interações entre sociedade e meio ambiente, buscando aprofundar o conhecimento sobre a biodiversidade regional e suas múltiplas relações ecológicas e culturais.

A abordagem interdisciplinar adotada nesta investigação, que une botânica histórica e aplicada, representa um instrumento essencial para viabilizar o estudo da história em sua dimensão conceitual e metodológica. Além disso, desempenha um papel fundamental no suporte e direcionamento de pesquisas taxonômicas e experimentais, como a prospecção fitoquímica. Especialmente no contexto da valorização da biodiversidade, tal perspectiva contribui para o reconhecimento do conhecimento tradicional associado às espécies vegetais, fortalecendo sua relevância científica e cultural.

Os resultados da pesquisa interdisciplinar sobre o táxon *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae) no Cerrado de Goiás são apresentados em três capítulos. O primeiro aborda a botânica histórica, com ênfase no uso de fontes documentais para redescobrir uma espécie após mais de sete décadas desde sua descrição. No segundo capítulo, são detalhados os experimentos realizados sobre os compostos fitoquímicos, presentes em diferentes espécies do gênero *Hygrophila*. Por fim, o terceiro capítulo apresenta o tratamento taxonômico das espécies de *Hygrophila* registradas no estado de Goiás.

Além disso, análises palinológicas e macromorfológicas permitiram a proposição de uma nova combinação para *Hygrophyla humistrata* Rizzini, cuja publicação ocorrerá externamente à dissertação. Por esse motivo, na estrutura deste trabalho, a espécie ainda é tratada dentro da circunscrição de *Hygrophila*, embora tenha sido excluída da análise final do último capítulo, que aborda o tratamento taxonômico do gênero no Cerrado goiano.

CAPÍTULO 1 *Hygrophila humistrata* Rizzini (Acanthaceae): A PESQUISA HISTÓRICA E DOCUMENTAL COMO SUBSÍDIO AO (RE)ENCONTRO DE UMA ESPÉCIE MAIS DE SETE DÉCADAS APÓS SUA DESCRIÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A família Acanthaceae compreende uma das famílias mais representativas em espécies no mundo, com uma significativa diversidade taxonômica, geográfica e ecológica (Kiel e Daniel; McDade, 2018; Manzitto-Tripp *et al.* 2022). Com aproximadamente 4.900 espécies, a diversidade da família se estende pelo novo e velho mundo, trópicos e subtrópicos (Manzitto-Tripp *et al.* 2022). Todavia há uma notável concentração em regiões temperadas, como os centros de diversidade em florestas secas e savanas do Brasil e México (Franck e Daniel, 2015; Manzitto-Tripp *et al.* 2022).

Apesar de existirem trabalhos para as acantáceas brasileiras buscando elucidar questionamentos especialmente taxonômicos (Rizzini, 1954), trabalhos com Acanthaceae na ecorregião do Cerrado são escassos (Harvey; Wasshausen 1995; Kameyama 1995; Kameyama 2003; Vilar, 2009; Sartin, 2015; Fernandes *et al.* 2024).

No Cerrado, alguns gêneros como *Dyschoriste* Nees (1832), *Hygrophila* R. Br. (1810) e *Mendoncia* Vell. ex Vand. (1788) são escassos nas coleções científicas, o que dificulta o conhecimento da real diversidade destes grupos. O gênero *Hygrophila* R. Br. possui distribuição pantropical com cerca de 100 espécies (Vollesen 2008), ocorrendo em ambientes úmidos, às margens de cursos hídricos. No Brasil são conhecidas sete espécies, sendo cinco delas endêmicas do país (Monteiro, 2025).

Hygrophila humistrata Rizzini (1956) é uma espécie endêmica do Cerrado goiano, cuja amostra-tipo foi coletada por Amaro Macedo durante uma expedição ao estado de Goiás em 1952 (Felippe e Duarte-Macedo, 2009). Desde sua descrição, não há registros adicionais da espécie em campo.

Amaro Macedo (1914 - 2014) (Figura 01), foi um grande naturalista, coletor de um grande volume de espécimes de plantas entre os séculos XIX e XX, especialmente da região do Cerrado de Minas Gerais, Goiás (englobando o atual Estado do Tocantins) e do norte do Brasil, chegando até Belém (Felippe e Duarte-Macedo, 2009).

Figura 1 – Amaro Macedo na “Pedra Goiana” Serra Dourada, GO.



Fonte: Cedida por Maria do Carmo Duarte Macedo, 2024.

O material de *H. humistrata* coletado por Amaro Macedo foi descrito por Carlos Toledo Rizzini quatro anos depois (Rizzini, 1956). A espécie era conhecida, até o momento, somente pela série tipo que contava com uma amostra depositada em um dos maiores acervos de herbários nacionais (SP 84582) e uma amostra em uma das maiores coleções internacionais (US 2197168). Neste capítulo apresentamos os resultados e o percurso através de fontes documentais, para (re)encontrar *Hygrophila humistrata* setenta e dois anos após sua coleta tipo.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Fontes documentais

Para análise dos relatos de Amaro, foram utilizadas as transcrições de seus textos em Felipe e Duarte-Macedo (2009) na obra que homenageia o pesquisador: “Amaro Macedo o Solitário do Cerrado” de Gil Felipe e Maria Do Carmo Duarte Macedo pela editora Ateliê editorial (anuência para reprodução concedida pela editora e segunda autora), especialmente os relatos da expedição ao estado de Goiás, em 1952. Contatos posteriores, realizados com Maria do Carmo Duarte Macedo, filha de Amaro, viabilizaram a disponibilização de fotografias, documentos e informações adicionais do caderno de coleta de Amaro, que compõem este capítulo (Figura 2 e Figura 3). As expedições de coleta iniciais utilizaram como

base documental as informações designadas nas etiquetas dos materiais tipo (SP 84582, US 2197168), disponíveis digitalmente na rede *SpeciesLink network*.

1.2.2 Dados geoespaciais

Para espacializar a localidade tipo da coleta realizada por Amaro na década de 50, foram utilizadas Cartas Topográficas matriciais de 1964 e 1973 que representam as cartografias mais antigas para a localidade: (SCN_Carta_Topografica_Matricial-GOIANÉSIA-SD-22-Z-D-250.000 de 1964 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e SCN_Carta_Topografica_Matricial-VILAPROPÍCIO-SD-22-Z-D-II-100000 de 1973 do 2º Centro de Geoinformação) do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro - BDGEx (DSG, 2025). Também foram utilizadas as malhas dos limites Brasileiros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022.

Para caracterizar a localidade tipo de *H. humistrata*, foram realizados mapas de uso e ocupação do solo em um raio de 5km para os anos de 1985 e 2023, através da coleção 8 do projeto MapBiomas (MapBiomas, 2025) de uso e cobertura do solo. Para caracterizar numericamente a qualidade da vegetação atualmente onde se encontra a população de *H. humistrata*, calculou-se o índice de vegetação: índice da Diferença Normalizada (NDVI), através de imagens de satélite Landsat 9 da base de dados da USGS (LC09_L1TP_222070_20240928_20240928_02_T1) (USGS, 2025), através da fórmula proposta em Gitelson; Kaufman; Merzlyak (1996) em que:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Sendo:

NDVI = Índice da Diferença Normalizada

NIR = Infravermelho próximo

R = Vermelho

Todas as projeções, análises e mapas foram realizados através do software QGIS versão 3.32.0.

1.2.3 Coleta e fixação de espécimes

Diante da baixa representatividade de *Hygrophila* nas coleções científicas consultadas (UEG, CEN, UNB, UFG, IBGE, JAR), foram realizadas coletas em áreas particulares e no Parque Estadual dos Pirineus, autorizadas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Autorização nº 87585-1) e pela Secretaria de

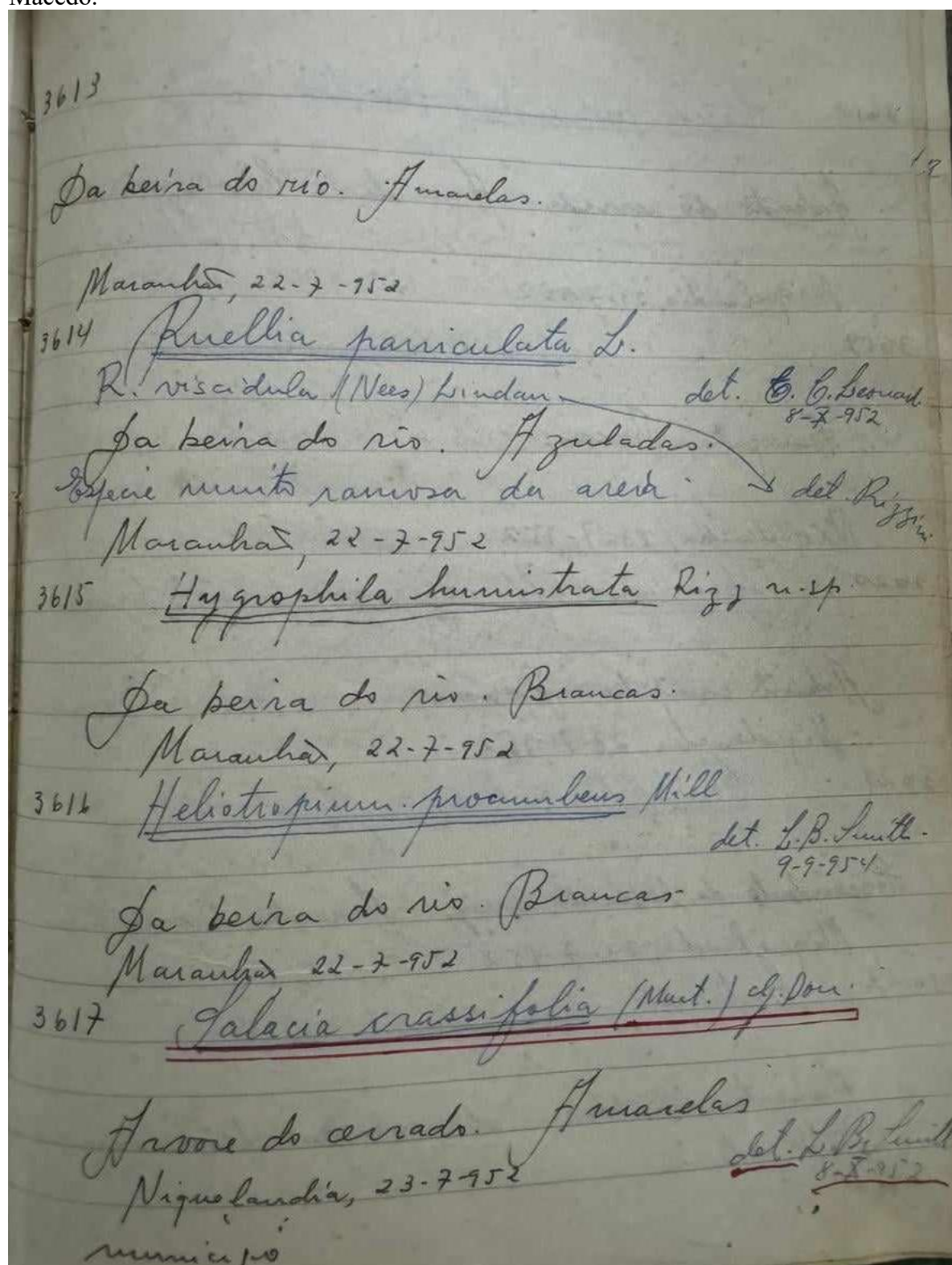
Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD/GO (Autorização nº 72/2023). O material botânico coletado foi herborizado conforme metodologia usual, dispondo as amostras entre folhas de papel jornal e papelão entre prensa de madeira, levadas a estufa para secagem (Peixoto; Maia, 2013). Para auxílio nas determinações taxonômicas, flores foram coletadas e fixadas em solução FAA (Formol, Ácido Acético, Álcool 70%: 1:1:1) para análises morfológicas. As análises do material foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Inovação em Saberes Tradicionais e Ambientais do Cerrado LabSACER (UEG), Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos da Biodiversidade PD&Bio (UEG) e Laboratório de Biologia Reprodutiva de Plantas BioRep (UFG). Todo o material coletado está sendo incorporado ao Herbário da Universidade Estadual de Goiás (HUEG), Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas campus Anápolis.

1.3 DESENVOLVIMENTO

As informações das etiquetas dos materiais tipo (Figura 4) designam a coleta para o município de Pirenópolis, GO: “As margens do rio / flores brancas / Pirenópolis”. Todavia o Rio Maranhão nomeado nas etiquetas não atravessa os limites do município. Suspeitando que houvesse ocorrido um equívoco no registro do nome do corpo hídrico, foram realizadas três expedições de coleta ao longo do rio das Almas, rio que entrecorta o município de Pirenópolis e tem como afluente o rio Maranhão, buscando a espécie. Todavia só foram localizadas populações de *Hygrophila costata* Nees & T. Nees (Pereira, M.J. 92; Pereira, M.J. 93; Pereira, M.J. 94; Pereira, M.J. 95; Pereira, M.J. 96; Pereira, M.J. 97).

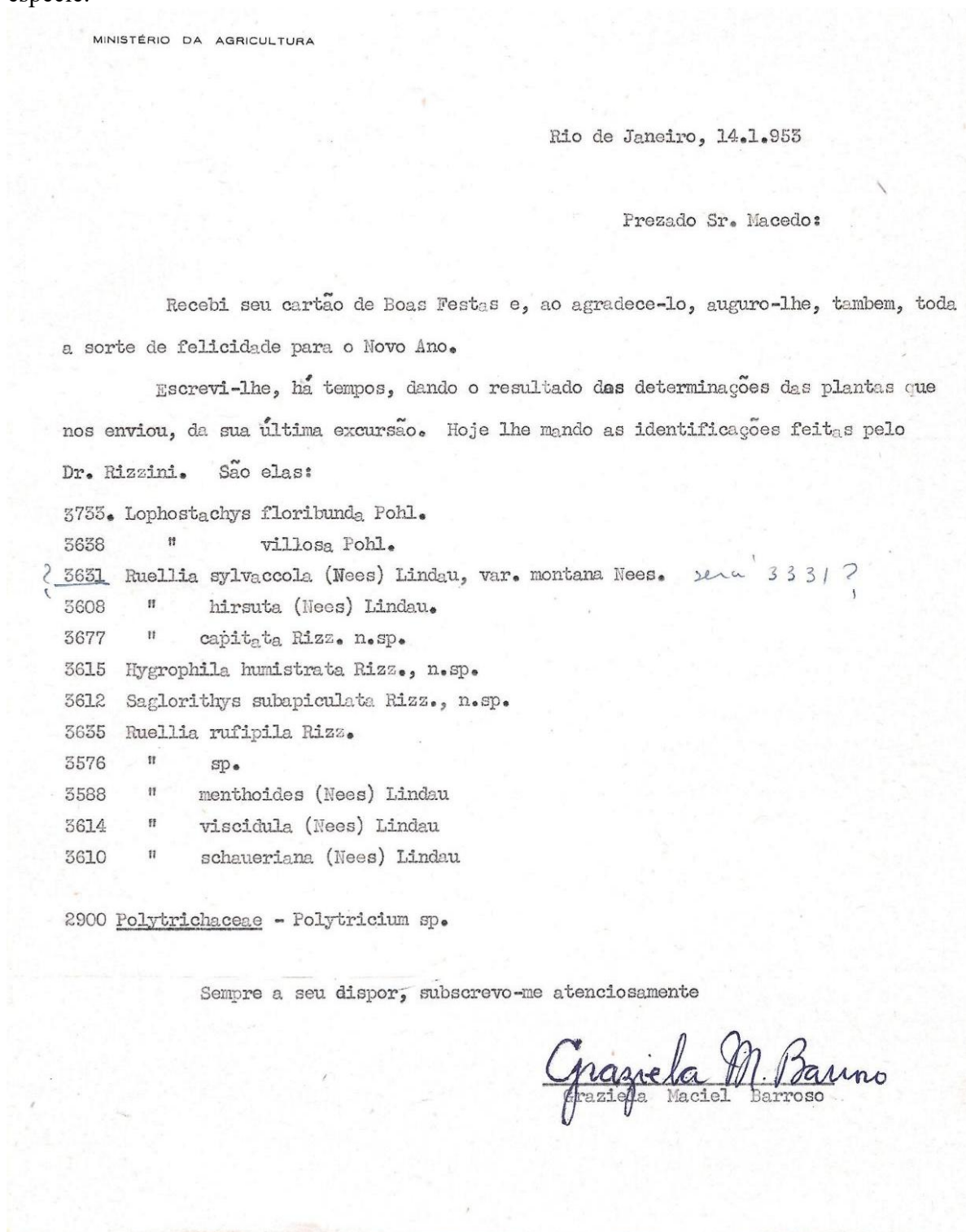
Verificado os textos de Amaro descritos em Felipe e Duarte-Macedo (2009), percebemos as transcrições dos relatos minuciosos de Amaro Macedo do ano de 1952, onde a localidade designada nas etiquetas dos tipos (SP 84582, US 2197168) não correspondia ao descrito pelo naturalista em seu diário de campo na data da coleta. O relato da expedição de Amaro a Goiás na década de 50, descreve criteriosamente as localidades e a paisagem por onde passou, partindo de Ituiutaba – MG (Figura 5).

Figura 2 – Registro de coleta do material tipo de *H. humistrata* no caderno de campo de Amaro Macedo.



Fonte: Cedido por Maria do Carmo Duarte Macedo, 2024.

Figura 3 – Carta da botânica Graziela Maciel Barroso para Amaro Macedo em 1955, informando a identificação de algumas de suas coletas. Entre as identificações feitas pelo taxonomista Carlos Toledo Rizzini, a identificação de *Hygrophila humistrata*, uma nova espécie.



Fonte: Cedida por Maria do Carmo Duarte Macedo, 2024.

Figura 4 - Isotyous de *Hygrophila humistrata* Rizzini (SP 84582).



Fonte: Herbário de São Paulo, reprodução SpeciesLink, 2025.

Figura 5 - Percurso de Amaro Macedo (Ituiutaba, MG á Corumbá, GO), espacializado a partir dos relatos de Amaro, transcritos em Felipe e Duarte-Macedo (2009).



Fonte: Elaborado pelo autor, sob consulta aos relatos de Amaro Macedo de 1952, transcritos de Felipe e Duarte-Macedo. 2009.

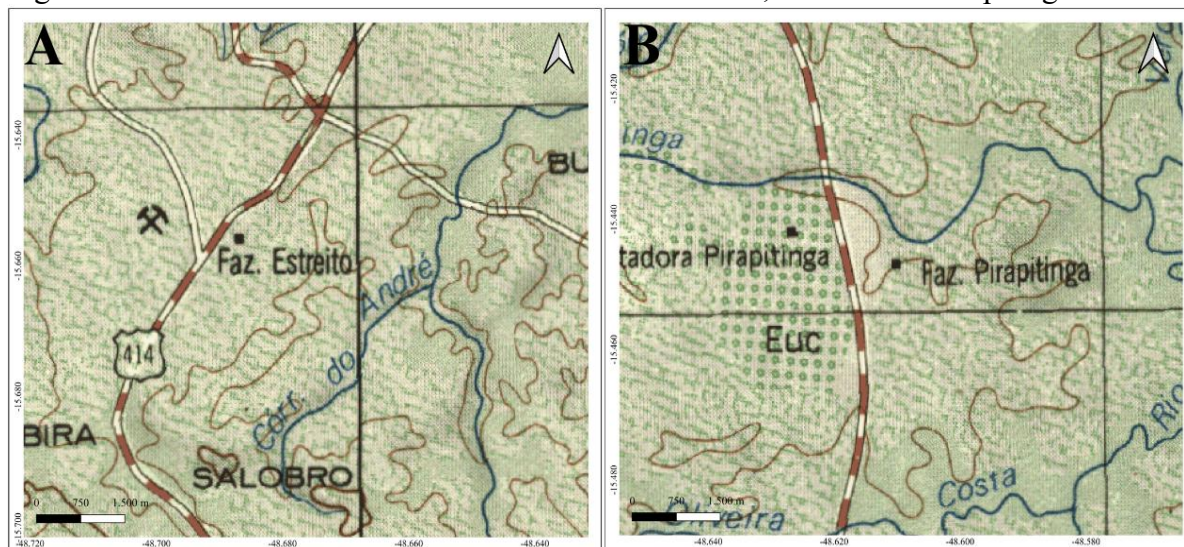
Amaro descreveu de forma minuciosa o trajeto percorrido. Além de aspectos demográficos, documentou também as espécies coletadas e observadas às margens das estradas pelos municípios que percorreu, partindo de Ituiutaba, MG até Corumbá, GO. Todavia, a partir deste ponto, o naturalista passou a registrar o nome das fazendas e de seus proprietários em detrimento do nome dos municípios. A partir dessas informações, associadas às malhas topográficas matriciais espacializadas de 1964 e 1973, refizemos o percurso de Amaro até a localidade tipo de *H. humistrata*.

Partindo de Corumbá no dia 22 de julho de 1952, Amaro percorreu a BR-414, e cerca de 26 km depois relatou seguir por uma “estrada de serviço”. Ao deixar a BR-414 para assumir

esta estrada, Amaro relatou terras férteis e terreno acidentado, observando nas matas, espécies como a sucupira e palmeira “semelhante ao babaçu”. Conforme o naturalista, a maior parte destas terras pertence à fazenda do Estreito (Figura 6A):

Deixando a BR-14, seguimos por uma estrada de serviço, atravessando área de terras férteis em terreno acidentado. Nas matas desta região notam-se jequitibás, sucupiras, tamboris e interessante palmeira semelhante ao babaçu. A maior parte dessas terras pertence a fazenda do estreito [...] (Amaro Macedo, 1952 transcrito em Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 85).

Figura 6 – Carta Matricial de 1964. A: Fazenda do Estreito; B: Fazenda Pirapitinga.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1964 via DSG, 2025).

Durante as expedições em que refizemos o percurso de Amaro, observamos nas paisagens marginais a BR-414, a palmeira semelhante ao babaçu (Figura 7), que apesar das dinâmicas da paisagem nativa convertida para usos agrosilvipastoris, permaneceu resiliente nas pastagens que dominam o relevo acidentado. Também permanecem nas paisagens antrópicas a sucupira descrita pelo naturalista (HUEG 18729) (Figura 8).

Figura 7 - Palmeiral semelhante ao babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.), conforme os descritos por Amaro Macedo em 1952 às margens da BR-414, na expedição realizada em julho de 2024.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 8 - Espécie sucupira (*Pterodon emarginatus* Vogel), A: hábito; B: vista das inflorescências.



Fonte: O autor, 2024.

Seguindo viagem, Amaro relatou o relevo acidentado, descrevendo as espécies coletadas às margens da estrada em área recentemente queimada. Em uma das expedições realizadas, reamostramos cinco destas espécies (Figura 10) em área após a passagem do fogo (Figura 9):

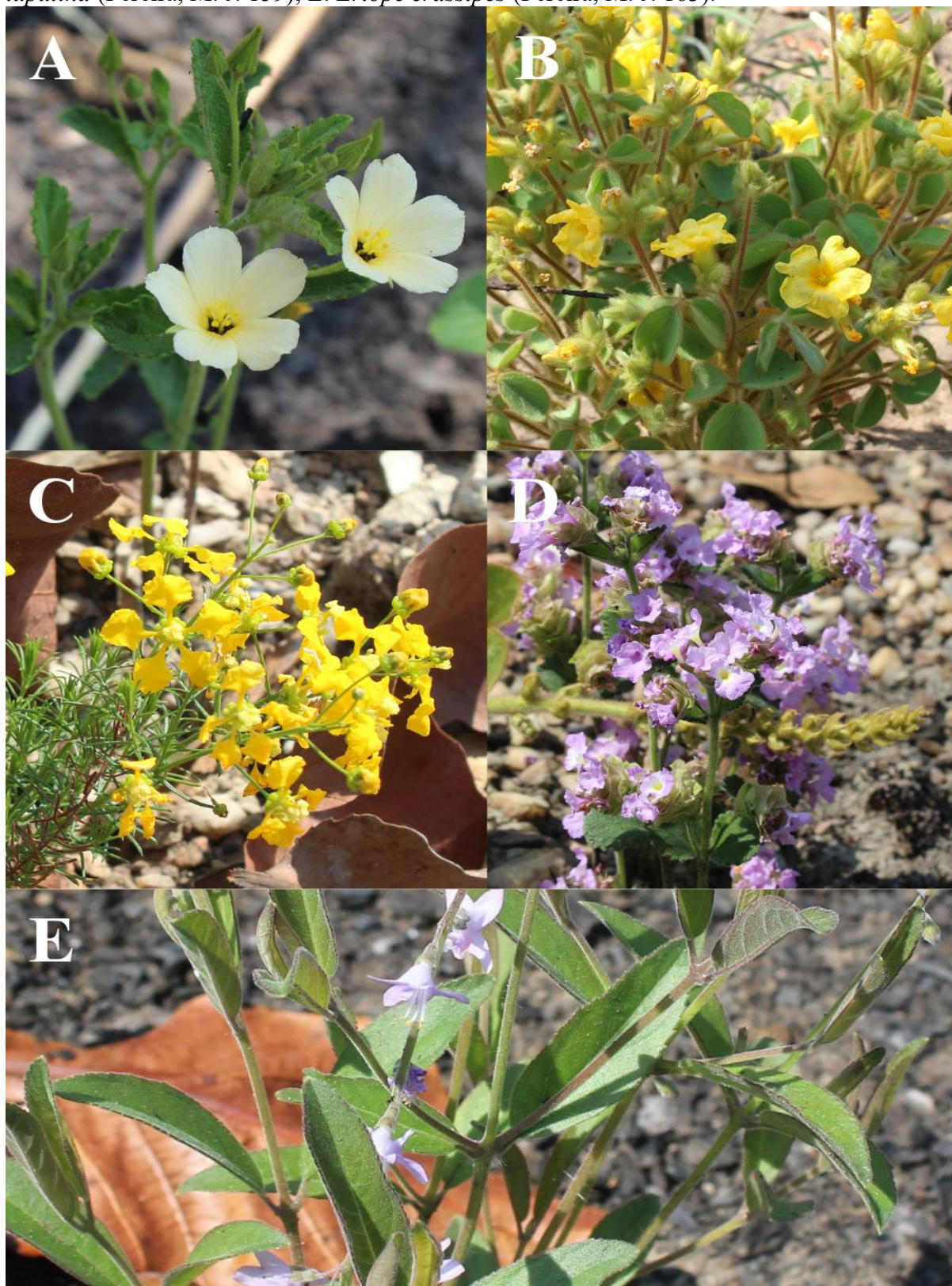
Adiante 8km está a fazenda Antônio Manoel, e antes de atingi-la percorre-se trecho acidentado, subindo e descendo várias vezes. Tendo encontrado uma queimada em plena brotação fizemos ligeira parada para colher algumas espécies das quais destacamos *Turnera sp.*, *Peltodon pusillus* Pohl, *Sebastiania ditassoides* (Diedrichis) Muell. Arg., *Hybanthus lanatus* (St. Hil.) Taub., *Camarea ericoides* St.Hil., *Aspilia foliacea* (Spreng) Baker, *Oxalis goyazensis* Turcz., *Croton sp.*, *Lippia lupulina* Cham., *Collaea peduncularis* Benth., *Ictiotheri sp.* (SIC), *Bernardia hirsutissima* (Baill.) Muell. Arg., *Eriope crassipes* Benth., *Paspalum sp.*, *Panicum sp.*, *Axonopus sp.* e muitas outras. (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 85-86).

Figura 9 - Área recentemente queimada às margens da BR-414 em julho de 2024. Nesta área foram reamostradas cinco das espécies coletadas por Amaro em julho de 1952.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 10 - Espécies reamostradas em julho de 2024: A: *Turnera* sp (Pereira, M. J. 156).; B: *Oxalys goiasensis* (Pereira, M. J. 155); C: *Camarea ericoides* (Pereira, M. J. 160); D: *Lippia lupulina* (Pereira, M. J. 159); E: *Eriope crassipes* (Pereira, M. J. 163).



Fonte: O autor, 2024.

Seguindo seu percurso, Amaro registrou as particularidades da paisagem, entre elas semelhanças na composição florística entre o Cerrado de Minas Gerais e Goiás, ressaltando uma espécie do gênero *Magonia*, durante nossas expedições coletamos *Magonia pubescens* A.St.-Hil. (HUEG 18128) (Figura 11 A e B) as margens da BR-414.

Distante 6km da última fazenda há uma encruzilhada cuja estrada vai para uma fazenda; tomamos a esquerda e percorremos cerrados e cerradões cuja composição é idêntica aos de Minas Gerais, principalmente nos cerradões de tingui (*Magonia sp.*). (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 86).

Figura 11 - *Magonia pubescens* A.St.-Hil., espécime coletado em julho de 2024 às margens da BR-414, A: Inflorescência; B: Vista da copa com frutos capsulares.



Fonte: O autor, 2024.

Seguindo o trajeto, o naturalista chegou a Fazenda Pirapitinga (Figura 6B), que espacializamos às margens da BR-414 a partir da carta matricial de 1964. O pesquisador registrou ainda a coleta de *Hirtella glandulosa*, a qual também coletamos em nossas amostragens (Pereira, M. J. 162) (Figura 12):

Da fazenda Antônio Manoel viajamos 23 km até a fazenda Pirapitinga, onde fizemos alto para uma ligeira refeição, pois nosso passageiro informou que a água era boa. [...] Na parada que fizemos, pudemos registrar a ocorrência de uma espécie só registrada nos brejos cobertos do sudoeste goiano e por nome *Hirtella grandulosa* Spreng. (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 86).

Figura 12 - *Hirtella glandulosa* Spreng. coletada em julho de 2024 em Floresta Estacional Semidecidual, às margens da BR-414.

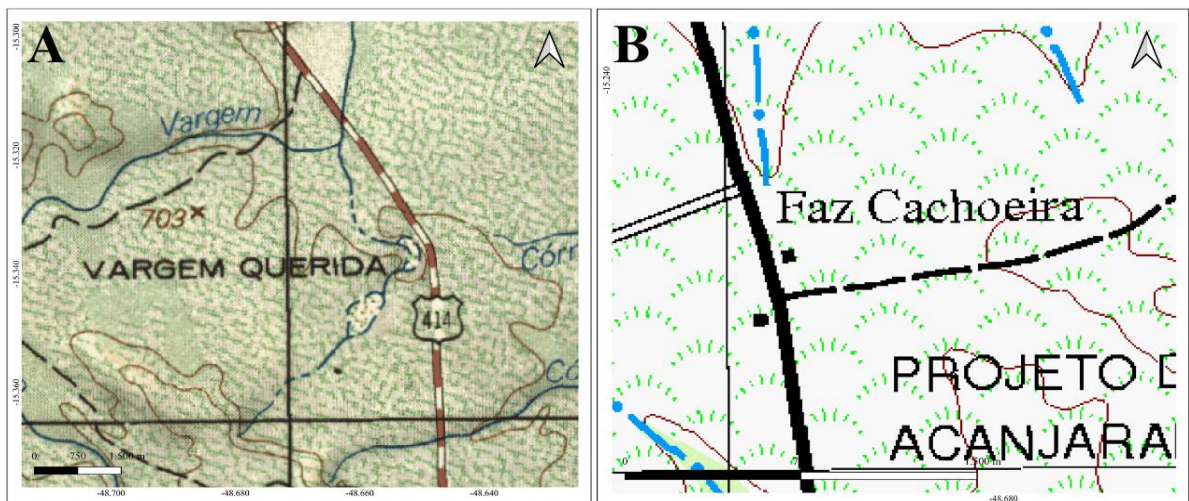


Fonte: O autor, 2024.

Adiante, Amaro relatou passar por um cemitério e após 19km atinge à Fazenda Vargem Querida, que especializamos através da carta matricial de 1964 (Figura 13A):

Prosseguindo viagem, passamos logo a seguir por um cemitério, cercado de aroeira, tendo alguns túmulos e após 19km passamos pela fazenda Vargem Querida, que tem no sítio várias moitas de bambu. (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 86).

Figura 13 - A: Fazenda Vargem Querida na Carta Matricial de 1964; B: Fazenda Cachoeira na carta matricial de 1973.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1964 e 2º Centro de Geoinformação, 1973, via DSG, 2025.

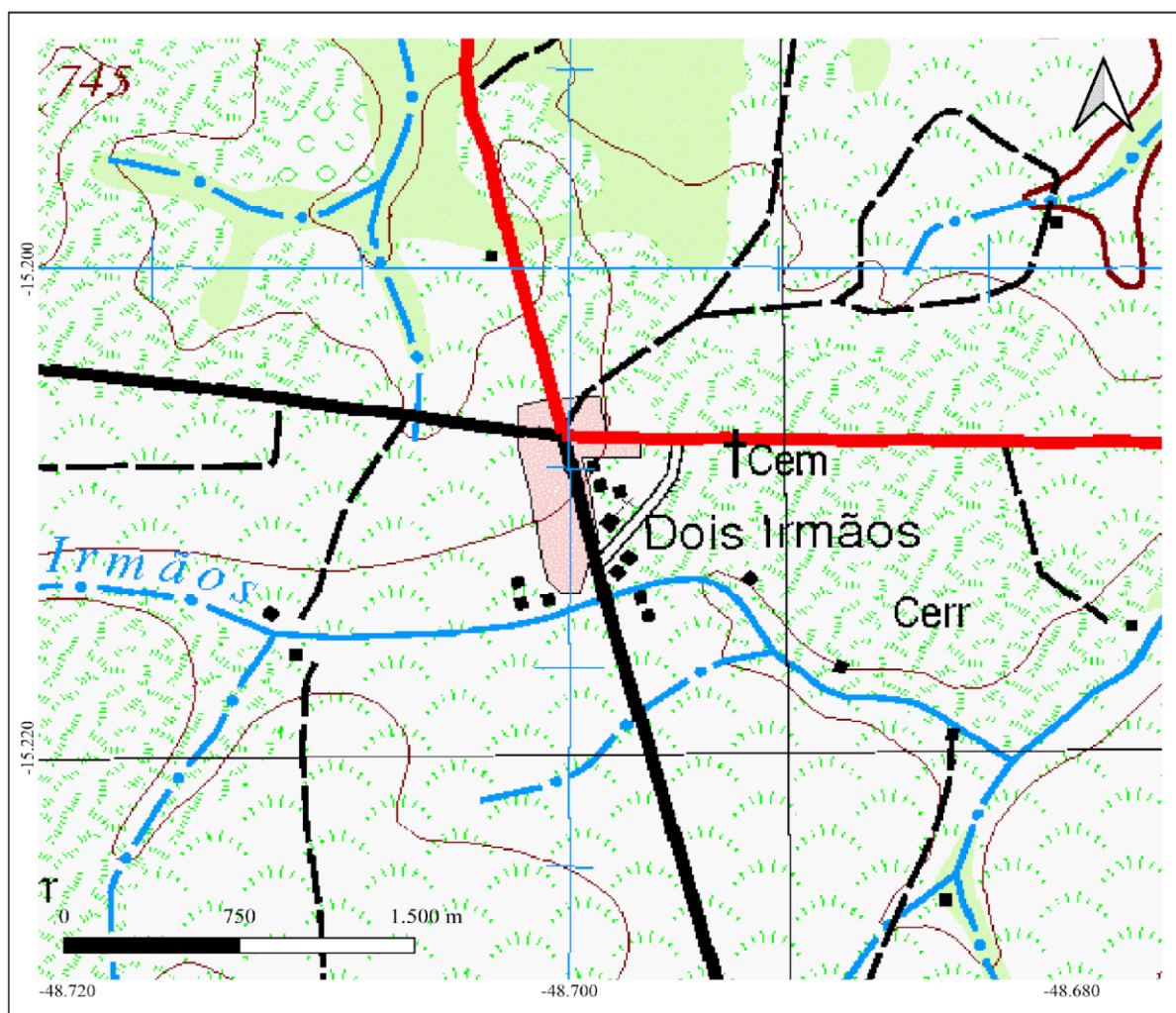
Adiante 6 km da Fazenda Vargem Querida, Amaro chegou à Fazenda Cachoeira, localizada às margens da BR-414 na carta matricial de 1973 (Figura 13B):

Ainda atravessando cerrados e campos cerrados, a 7 km encontramos a fazenda Cachoeira e desta a 6 km a fazenda Dois Irmãos. (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 86).

A partir da Fazenda Cachoeira, não encontramos nas cartas matriciais de 1964 e 1973 as localidades mencionadas por Amaro na década de 50. O naturalista relatou ter chegado poucos metros adiante à Fazenda Dois Irmãos. Logo, presume-se que Amaro tenha permanecido na BR-414. Apesar de não localizarmos especificamente a Fazenda mencionada, localizamos pouco adiante da Fazenda Cachoeira na malha matricial de 1973, um pequeno cemitério de mesmo nome (Figura 14). Posterior a esta localidade, Amaro percorreu mais 23 km para chegar a um pequeno sítio não denominado, e mais 13 km para chegar à Fazenda do Dr. Egídio às margens do rio Maranhão:

Poucos metros adiante da fazenda Dois Irmãos, logo que atravessamos o córrego, demos com uma encruzilhada, tomando a da direita [...]. A 23 km da fazenda Dois Irmãos passamos por pequeno sítio e deste a 13km encontramos o sítio da fazenda do Dr. Egídio no rio Maranhão. Estacionando na casa do Caó [...]. Fomos instalados no quarto grande [...]. (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 87 - 88).

Figura 14 - Cemitério com a mesma denominação da Fazenda mencionada por Amaro. Carta matricial de 1973.



Fonte: 2º Centro de Geoinformação, 1973, via DSG, 2025.

Não tendo sido localizadas as propriedades nomeadas por Amaro, mas considerando a descrição da Fazenda do Dr. Egídio situada às margens do rio Maranhão, seguimos pela BR-414 após a localidade aproximada da Fazenda Cachoeira, até atingir o rio Maranhão citado pelo naturalista:

Antes do banho fomos a balsa do rio Maranhão, instalada pelo fazendeiro Valdivino. Custou a importância de Cr\$ 40 000,00 com promessas de auxílio do Departamento de Estradas de Rodagem. Apesar do forte declive das margens, a balsa satisfaz bem, cobrando Cr\$ 50,00 para passar carros. Nas margens do rio pudemos observar *Ruellia paniculata* L., que é uma espécie alastrante dando belo aspecto com seu colorido azul aos barrancos arenosos. O rio Maranhão tem no máximo cinquenta metros de largura, é raso e seu leito é de cascalho. Entre as pedras marginais colecionamos *Dalechampia triphylla*, *Heliotropium procumbens* Mill., *Sternodia durantifolia* Sw., *Hygrophila humistrata* Rizzini sp. nov. e outras. (Amaro Macedo, 1952 transcrito de Felipe e Duarte-Macedo, 2009 p. 88).

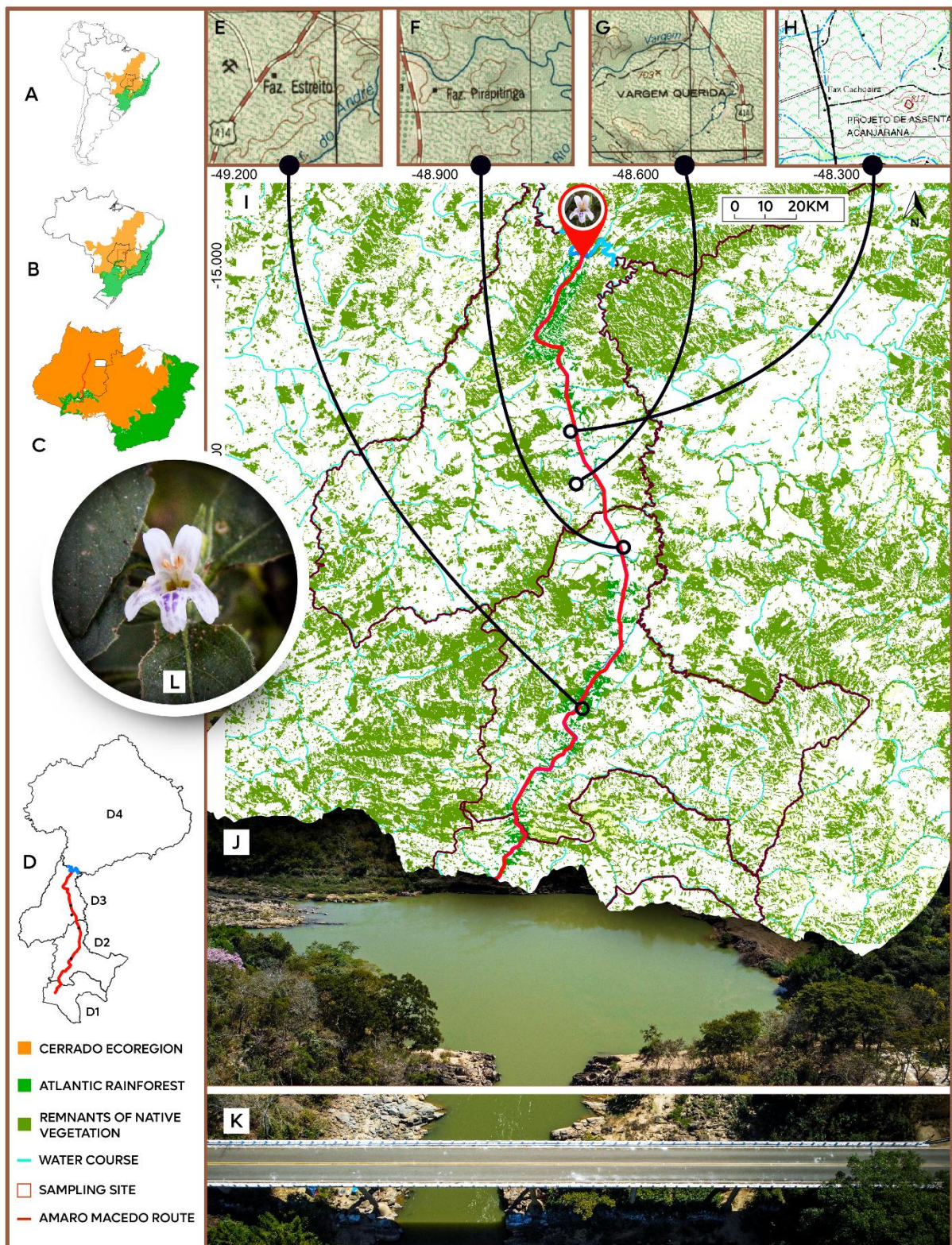
Em 09 de julho de 2024, atingindo o rio Maranhão (Figura 16J e K) próximo ao povoado de Quebra Linha no distrito de Niquelândia-GO, (re)encontramos *Hygrophila humistrata* Rizzini (Figura 16). Sob as margens arenosas do rio, coletamos ainda *Ruellia paniculata* L. (Figura 17A e B), também mencionada por Amaro em julho de 1952.

Figura 15 – A: Registro fotográfico *in situ*; B e C: Hábito de *Hygrophila humistrata*.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 16 – Infográfico do percurso para reencontrar *Hygrophila humistrata*. A: Inserção da área de amostragem na América do Sul; B: Localização da área de amostragem no Brasil; C: Percurso de Amaro Macedo de Minas Gerais ao Estado de Goiás; D: Municípios percorridos pelo naturalista a partir de Corumbá de Goiás; D1: Corumbá de Goiás; D2: Cocalzinho; D3: Vila Propício; D4: Niquelândia; E: Fazenda do Estreito; F: Fazenda Pirapitinga; G: Fazenda Vargem Querida; H: Fazenda Cachoeira; I: Percurso e localização da fazendas documentadas nos relatos de Amaro Macedo; J e K: Vista do rio Maranhão em julho de 2024; L: Vista da corola de *Hygrophila humistrata*.



Fonte: O autor, 2025.

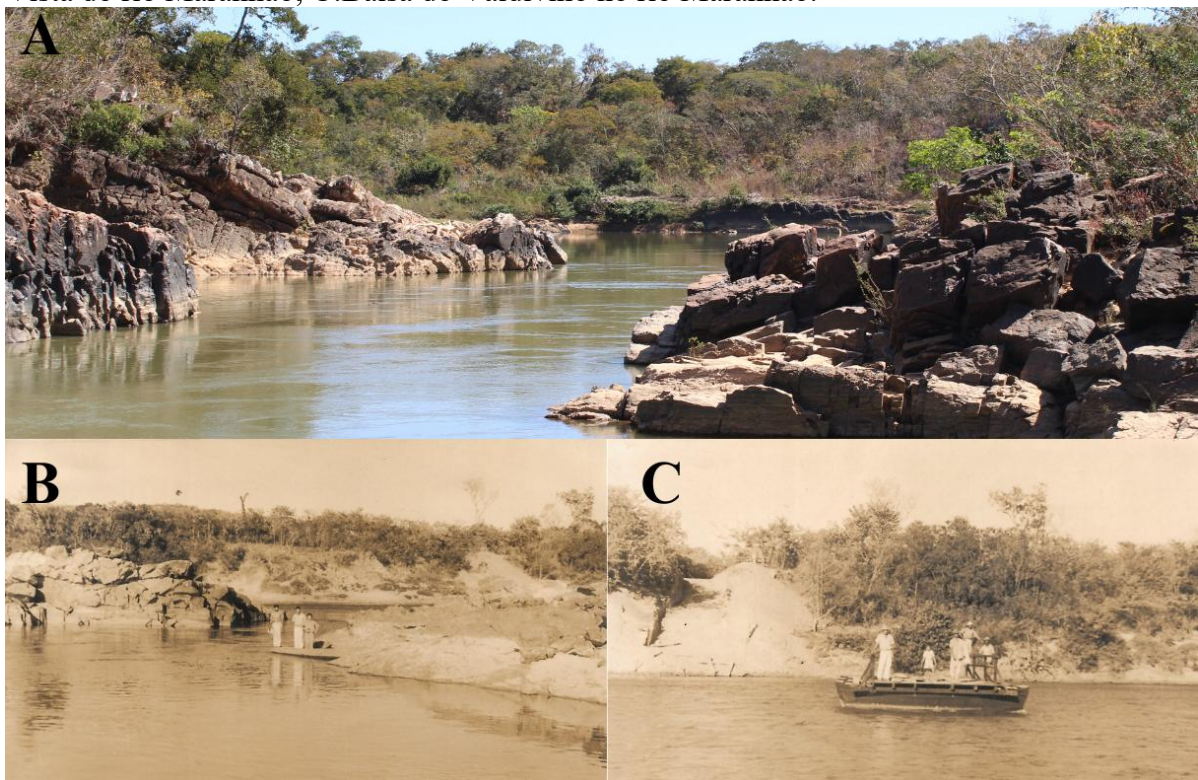
Figura 17 - *Ruellia paniculata* L. A: hábito; B: inflorescência.



Fonte: O autor, 2024.

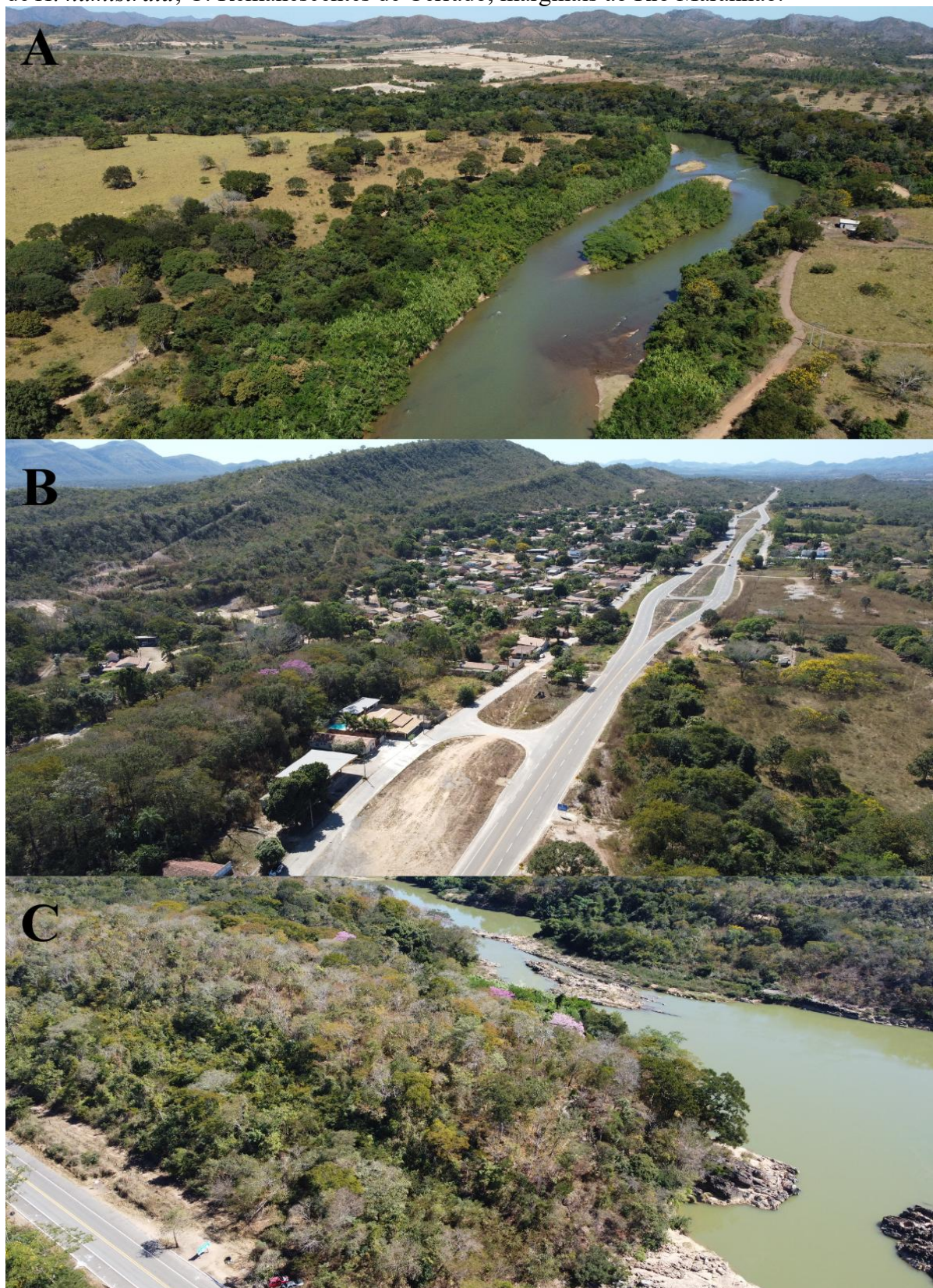
A localidade tipo de *H. humistrata* em que Amaro coletou na década de 50 (Figura 18B e C), acha-se atualmente com significativa pressão antrópica, especialmente pelo uso da área para acampamentos por pescadores e banhistas. Por se tratar de uma espécie de porte herbáceo subarborescente, possui elevada susceptibilidade ao pisoteio. As margens rochosas (Figura 18A) encontram-se circundadas por faixas de Cerrado ralo (Figura 19A, B e C), e grande parte da paisagem adjacente convertida para usos alternativos do solo.

Figura 18 - A: Margens rochosas do rio Maranhão, próxima a população de *H. humistrata*; B: Vista do rio Maranhão; C: Balsa do Valdivino no rio Maranhão.



Fonte: A: O autor, 2025. B e C: Cedida por Maria do Carmo Duarte Macedo, 2024.

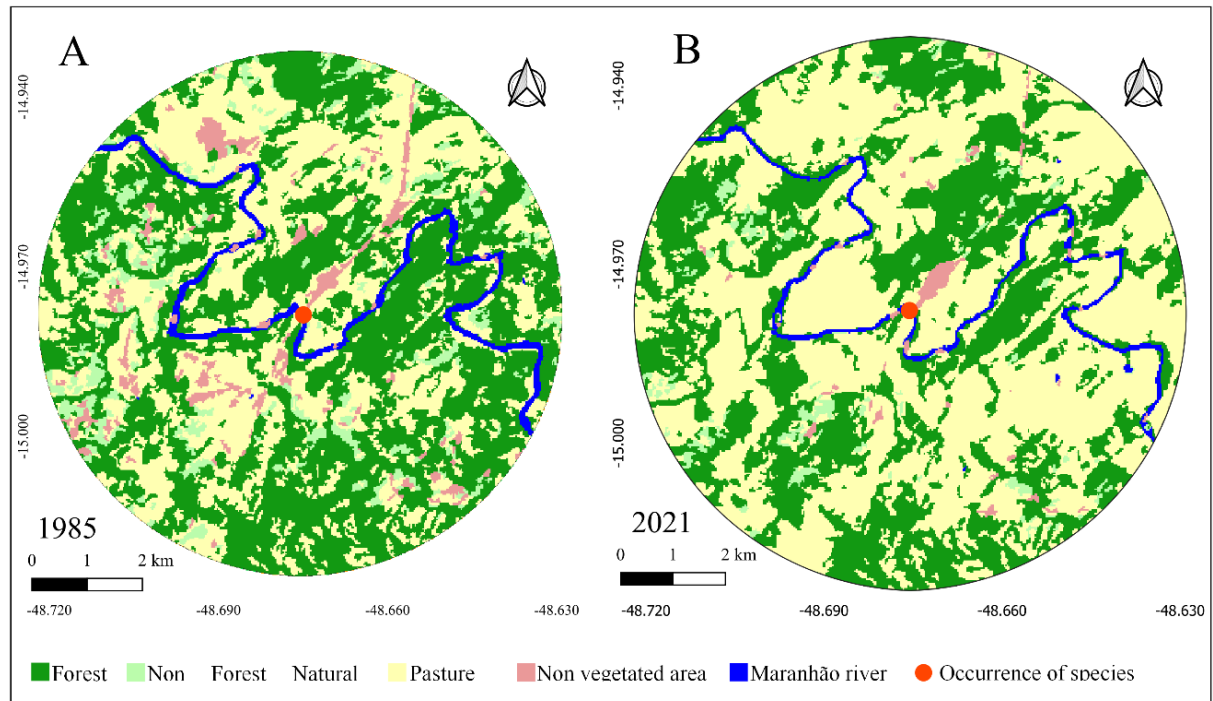
Figura 19 - Vista aérea da localidade tipo de *H. humistrata*: A: Faixas de APP às margens do Rio Maranhão; B: Povoado de Quebra-Linha no Distrito de Niquelândia, próximo à população de *H. humistrata*; C: Remanescentes de Cerrado, marginais ao Rio Maranhão.



Fonte: O autor, 2024.

A área da ocorrência tipo de *H. humistrata* apresenta elevada pressão antrópica, a população identificada é composta por poucos indivíduos às margens do Rio Maranhão. A vegetação também foi em grande parte convertida para outros usos do solo, especialmente pastoris nas últimas décadas (Figura 20 A e B).

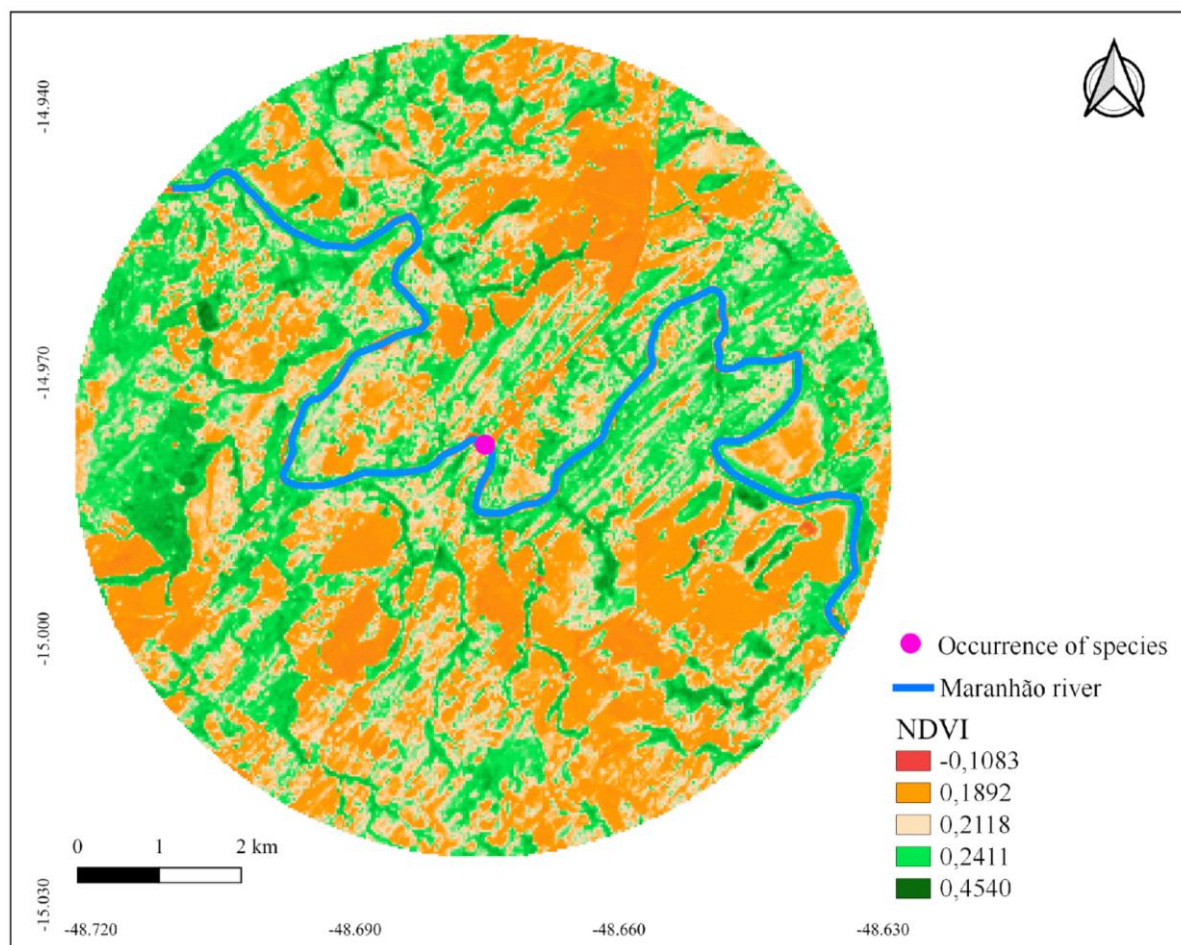
Figura 20 - Uso e Cobertura do solo (Coleção 8 MapBiomas) em raio de 5 km da localidade tipo de *H. humistrata* em 1985 e 2021.



Fonte: O autor, 2024.

Em um raio de 5 km da localidade tipo, os índices de vegetação (NDVI) (Figura 21) ficam majoritariamente em 0,18 especialmente pelas conversões da paisagem nativa em pastagens, posicionando os melhores índices de vegetação em 0,24 distribuídos majoritariamente nas Áreas de Preservação Permanente (APP's), onde se concentram os remanescentes de vegetação nativa ainda existentes.

Figura 21 - Índice da Diferença Normalizada (NDVI) em raio de 5 km da localidade tipo de *H. humistrata*.



Fonte: O autor, 2024.

1.3 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos exemplificam o potencial de trabalhos interdisciplinares, como subsídio ao reencontro de espécies frente aos elevados índices de conversão da vegetação nativa no Cerrado Brasileiro. Para *H. humistrata*, as informações criteriosamente documentadas por Amaro Macedo na década de 50 possibilitaram reencontrar a espécie mais de setenta anos após sua descrição, materializando o papel contribuinte de documentos históricos para a manutenção e conhecimento da biodiversidade.

A análise espacial (Figura 20) revela uma transformação expressiva na paisagem no raio de 5 km da localidade tipo de *H. humistrata* entre os anos de 1985 e 2021. Em 1985 (Figura 20A), há predominância de áreas naturais e cobertura florestal contínua, compondo um mosaico característico do Cerrado ainda pouco antropizado. Essa configuração ambiental

favorecia a integridade dos ecossistemas locais, com disponibilidade de micro-habitats e conectividade ecológica para espécies nativas, como *H. humistrata*.

No entanto, o cenário de 2021 (Figura 20B) destaca o avanço acentuado das áreas de pastagem e de espaços não vegetados, especialmente ao norte e oeste do ponto de ocorrência da espécie. Essa expansão reflete uma dinâmica intensa de conversão de áreas nativas para o uso alternativo do solo, impulsionada majoritariamente por atividades agropecuárias. A redução da vegetação nativa e o aumento da fragmentação tendem a comprometer a manutenção de populações vegetais endêmicas, especialmente aquelas associadas às margens fluviais, como é o caso do rio Maranhão.

Esses dados (Figura 20), reforçam a importância do monitoramento territorial multitemporal e da articulação entre conservação *in situ* e o ordenamento territorial em áreas de reconhecida vulnerabilidade ecológica. E reforçam ainda a necessidade de estratégias de manejo e proteção voltadas às populações relictuais de espécies com distribuição restrita e habitats sensíveis às pressões antrópicas.

A distribuição espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no entorno da localidade tipo de *H. humistrata*, revela um padrão heterogêneo na densidade de vegetação. Os valores mais elevados (NDVI próximo de 0,45) concentram-se, sobretudo, em áreas ripárias adjacentes ao rio Maranhão, com remanescentes florestais e matas ciliares.

Em contraste, as áreas com NDVI mais reduzido (valores negativos até cerca de 0,18) indicam superfícies fortemente antropizadas ou com vegetação esparsa, como pastagens degradadas, solo exposto ou áreas urbanizadas. Esses valores se distribuem principalmente nas franjas oeste e nordeste do raio analisado, podendo representar ameaças à conectividade ecológica entre fragmentos de vegetação nativa remanescentes.

A ocorrência conhecida da espécie, coincide com áreas de NDVI moderado a elevado. A leitura do NDVI em conjunto com a análise multitemporal do uso do solo (Figura 20), sugere que a persistência da população de *H. humistrata* pode estar condicionada à existência de fragmentos vegetacionais ao longo do curso do rio Maranhão. A conservação dessas formações ripárias é, portanto, essencial para a manutenção das condições ecológicas mínimas necessárias à sobrevivência da espécie.

1.4 CONCLUSÃO

Após mais de sete décadas sem registros confirmados, o reencontro de *Hygrophila humistrata* representa não apenas um marco taxonômico e florístico para o Cerrado, como também um alerta sobre os desafios crescentes à conservação de espécies raras e pouco conhecidas fora de Unidades de Conservação. A coleta de novos espécimes e sua incorporação às coleções científicas do Cerrado Goiano ampliam significativamente o conhecimento sobre a distribuição, morfologia e ecologia da espécie, oferecendo subsídios valiosos para futuras investigações.

A análise integrada de características macromorfológicas e palinológicas do material recentemente coletado, revelou inconsistências na alocação genérica da espécie. Esses dados sustentam a necessidade de uma nova combinação taxonômica a ser formalmente proposta em publicação específica, fora do escopo desta dissertação, a fim de designar a espécie com a delimitação mais precisa na circunscrição do gênero *Dyschoriste*.

Além da dimensão histórica e taxonômica, este trabalho evidenciou fatores antrópicos de pressão sobre o habitat da espécie, incluindo a fragmentação da paisagem, a conversão agrícola e a degradação de ambientes fora de Unidades de Conservação. Tais pressões reforçam a urgência de estratégias de conservação territorial voltadas à proteção de ambientes externos às UC's que, embora frequentemente marginalizados nas políticas públicas, abrigam uma diversidade biológica ainda subdocumentada.

Dessa forma, esta pesquisa contribui não apenas para a sistemática e a conservação de *H. humistrata*, mas também para a valorização das abordagens interdisciplinares em botânica e da urgência por políticas ambientalmente justas para o Cerrado, tão fortemente degradado e ameaçado.

CAPÍTULO 2 *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae): COMPOSTOS BIOATIVOS PARA ESPÉCIES DO CERRADO GOIANO

2.1. INTRODUÇÃO

O gênero *Hygrophila* R.Br. (Acanthaceae) compreende espécies amplamente distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, ecologicamente associadas a ambientes úmidos e aquáticos (Wasshausen; Smith, 1969; Daniel, 1995). No Brasil, o gênero é representado por sete espécies (Monteiro, 2020).

Além de sua importância ecológica, espécies do gênero *Hygrophila* têm sido tradicionalmente utilizadas na medicina popular em diversas regiões do mundo, especialmente na Ásia (Bera; Das; Roy, 2017), pois mesmo com o enorme avanço dos medicamentos sintéticos e dos antibióticos ao longo do século XX, as plantas ainda constituem uma das principais fontes de fármacos na medicina moderna e tradicional, em distintas localidades ao redor do mundo (Jebamalai; Ramachandran; Arumugam, 2021).

Os compostos fitoquímicos destas espécies são constituintes vegetais ou compostos naturais, caracterizados por metabólitos secundários encontrados nestas plantas que possuem diversas atividades toxicológicas e farmacológicas, sendo amplamente documentados como responsáveis pelo tratamento de várias doenças (Gnanavel et al., 2018). Entre os usos descritos para representantes do gênero *Hygrophila*, destaca-se o tratamento de distúrbios hepáticos, inflamações, infecções urinárias e doenças metabólicas (Kumar et al., 2014).

A fitoquímica de *Hygrophila* tem revelado uma diversidade de metabólitos secundários, entre os quais se destacam flavonoides, alcaloides, esteróis, triterpenos e compostos fenólicos (Rastogi; Shankar; Mahalingam, 2014; Prasanna; Sridhar, 2016). Diversos estudos também relataram ações farmacológicas para o grupo, como propriedades analgésicas (Patra et al. 2008a), anti-helmínticas e antimicrobianas (Patra et al. 2008b), antidiabéticas (Vijayakumar et al. 2006), atividades anti-inflamatórias (Hussain et al. 2016), antipiréticas e diuréticas (Patra et al. 2009), hepatoprotetoras (Raj et al. 2010), nefroprotetoras (Bibu; Mercey, 2010) e neuroprotetoras (Kanhare et al. 2013).

A ampla aplicação etnofarmacológica do táxon tem motivado estudos fitoquímicos que visam isolar e caracterizar os compostos bioativos responsáveis por tais efeitos terapêuticos (Ramesh et al. 2014).

No Brasil, embora o gênero *Hygrophila* esteja presente em diferentes biomas, como a Mata Atlântica e o Cerrado, os estudos fitoquímicos ainda são incipientes, sendo necessário ampliar as investigações para melhor compreender a composição química, a variabilidade intraespecífica e os mecanismos de ação dos compostos bioativos. Neste capítulo apresentamos os resultados da triagem fitoquímica de *H. guianensis* e *H. humistrata*, apresentando ainda a composição parcial do óleo essencial de *H. humistrata*, destacando seus potenciais para aplicações farmacológicas e perspectivas para pesquisas futuras.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Obtenção de amostras

Para obtenção das amostras, foram realizadas coletas de duas populações nativas, nos municípios de São João da Aliança para *H. guianensis* e no município de Niquelândia para *H. humistrata* (Figura 22). Todo o material foi coletado em campo, acondicionado em sacos plásticos e levado para triagem e extração no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos da Biodiversidade PD&Bio (UEG).

Figura 22 – Coleta de material vegetativo para análises laboratoriais. A: Coleta de *H. guianensis* no município de São João da Aliança, GO; B: Hábito de *H. guianensis*; C: Hábito de *H. humistrata*; D: Registro fotográfico de *H. humistrata* no município de Niquelândia, GO.



Fonte: O autor, 2024.

2.2.2 Caracterização macroscópica do farmacógeno

A caracterização morfológica das folhas foi realizada por meio de observações, seguindo os parâmetros descritos por Oliveira, Akisue e Akisue (1998) e Oliveira e Akisue (2003).

2.2.3 Preparo dos extratos

Para a obtenção dos extratos etanólicos brutos e suas frações, as folhas de *H. guianensis* e *H. humistrata* foram identificadas com base na literatura especializada, e duplicatas do material foram depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Goiás (HUEG). As folhas foram submetidas à dessecação em estufa com ventilação forçada a 40°C e, posteriormente, trituradas em moinho de facas. O pó resultante foi acondicionado em frascos âmbar, devidamente identificados e armazenados até sua utilização.

2.2.4 Determinação dos parâmetros de qualidade da matéria-prima vegetal

De acordo com a Farmacopeia Brasileira – 6ª edição (ANVISA, 2019), o controle de qualidade das drogas vegetais é um procedimento essencial para assegurar sua segurança, eficácia e padrão de qualidade nos produtos fitoterápicos. No contexto das espécies analisadas, uma avaliação criteriosa dessas substâncias é indispensável para garantir seu uso adequado e seguro em diversas aplicações e ensaios.

2.2.5 Determinação de Cinzas Totais

Pesou-se exatamente 3 g da amostra e transferiu-se para um cadinho previamente tarado. Distribuiu-se a amostra de forma uniforme no cadinho e incinerou-se de forma gradual, aumentando gradativamente a temperatura até a temperatura máxima de $600 \pm 25^\circ\text{C}$, até a eliminação completa do carvão. Resfriou-se em um dessecador e pesou-se o cadinho (ANVISA, 2019). Todo o ensaio foi realizado em triplicata e os resultados expressos como média e desvio padrão. Calculou-se a porcentagem de cinzas com relação à droga seca ao ar, utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Cinzas Totais} = (P3 - P1) / (P2 - P1) \times 100$$

Em que:

P1: peso do cadinho vazio;

P2: peso do cadinho com amostra

P3: peso do cadinho com as cinzas.

2.2.6 Determinação de Cinzas Insolúveis em Ácido Clorídrico (HCl)

O resíduo obtido na determinação de cinzas totais foi levado à fervura durante 5 minutos com 25 mL de HCl a 7% (p/v) em um cadinho coberto com vidro relógio. Lavou-se o vidro relógio com 5 mL de água quente, juntando a água de lavagem ao cadinho. Recolheu-se o resíduo, insolúvel em ácido, sobre o papel filtro, isento de cinzas, e lavou-se com água quente até que o filtrado se tornou neutro. Transferiu-se o papel filtro contendo o resíduo para o cadinho original, secou-se sobre a chapa quente e incinerou-se a cerca de 500°C até que o mesmo atingisse peso constante (ANVISA, 2019). Por fim, calculou-se a porcentagem de cinzas insolúveis em ácido em relação à droga seca ao ar, utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Cinza insolúvel em HCl} = (A - B) / C \times 100$$

Em que:

A: Peso do recipiente + resíduo

B: Peso do recipiente

C: Peso da amostra original.

Os resultados foram expressos como média e desvio padrão.

2.2.7 Teste de Granulometria e Intumescência

2.2.7.1 Determinação da Granulometria do Pó

A granulometria do pó foi realizada em triplicata, com auxílio de tamises operados por um dispositivo mecânico. Este dispositivo reproduz movimentos horizontais e verticais realizados da operação manual, através da ação mecânica de forma uniforme. Este procedimento ocorreu da seguinte forma: Separou-se 6 tamises, Tamis ABNT 14, Tamis ABNT 25, Tamis ABNT 45, Tamis ABNT 60, Tamis ABNT 80 e Tamis ABNT 120, com abertura de 1,7 mm, 710 mm, 355 mm, 250 mm, 180 mm e 125 mm, respectivamente (ANVISA, 2019). Montou-se um conjunto com o tamis de maior abertura sobre o de menor abertura. Colocou-se esse conjunto sobre o receptor de tamises. Pesou-se cerca de 50 g de amostra, transferiu-se a amostra para o tamis superior, distribuindo-a de forma uniforme e tampou-se o conjunto.

Acionou-se o aparelho, por cerca de 15 minutos, com vibração adequada. Após este tempo, usou-se um pincel adequado para remover toda a amostra, retirando da superfície superior de cada malha e passando para um papel impermeável, e pesou-se o pó (ANVISA, 2019). Pesou-se também o pó que foi retirado do coletor. Calculou-se o percentual retido em cada tamis, usando a seguinte equação:

$$\% \text{ Retida pelo tamis} = P1 / P2 \cdot 100$$

Em que:

P1 = peso da amostra retida em cada tamis (em gramas);

P2 = soma dos pesos retidos em cada tamis e no coletor (em gramas)

2.2.7.2 Determinação do Índice de Intumescência

Conduziu-se, simultaneamente, três determinações. Pesou-se exatamente 1 g do material vegetal pulverizado e colocou-se em uma proveta de 25 mL com tampa esmerilhada. Mediu-se o volume ocupado pelo material vegetal (V_i), adicionou-se 25 mL de água e agitou-se a cada 10 minutos, por uma 1h. Deixou-se a mistura repousar por 3 horas, à temperatura ambiente. Mediu-se o volume, em mililitros (mL), ocupado pelo material vegetal (V_f) acrescido da mucilagem ou qualquer outro material que foi aderido, subtraído do volume inicial da droga (ANVISA, 2019). Os cálculos foram realizados a partir do valor médio das três determinações que foram feitas de forma individual, e relacionou-se com 1 g de material vegetal utilizando-se os seguintes cálculos:

$$\text{Índice de intumescência} = V_f - V_i$$

Em que:

V_i = Volume inicial da droga vegetal

V_f = Volume final da droga vegetal.

2.2.8 Triagem fitoquímica

2.2.9 Determinação de Parâmetros para controle de qualidade

Foram realizadas análises qualitativas para avaliar a presença das principais classes de metabólitos secundários no resíduo pulverizado das folhas de *H. guianensis* e *H. humistrata*. Utilizando-se das metodologias adaptadas de Costa (2001), Matos (2009) e Simões et al. (2010) para a caracterização dos metabólitos mais relevantes, como compostos fenólicos, nitrogenados e terpenos, além dos heterosídeos cianogênicos. As análises detalhadas são descritas a seguir.

2.2.10 Flavonoides - Extração

Para a realização da extração, pesou-se em balança de precisão 8g de amostra pulverizada e adicionou-se 80 mL de etanol 70% (v/v). Ferveu-se a mesma durante 5 minutos e filtrou-se em papel filtro umedecido com etanol a 70% (v/v).

2.2.10.1 Reação de cianidina ou de Shinoda

Transferiu-se 3 mL do filtrado realizado na reação anterior para um tubo de ensaio. Adicionou-se cerca de 1 cm de fita de magnésio fina e acrescentou-se cuidadosamente 1 mL de HCl concentrado, e analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: os derivados flavônicos de cor amarela, são reduzidos a derivados antociânicos de coloração vermelha. As chalconas e isoflavonas não determinam o aparecimento de cor.

2.2.10.2 Reação Oxalo-Bórica

Evaporou-se 5 mL de solução extrativa em uma cápsula de porcelana. Juntou-se, ao resíduo semi-seco, 3 mL de solução de ácido bórico a 3% (p/v) em 1 mL de solução de ácido oxálico a 10% (p/v). Evaporou-se até secura e adicionou-se, ao resíduo seco, 7mL de éter etílico P.A. Analisou-se os resultados sob uma luz ultravioleta e verificou-se o aparecimento de fluorescência amarelo-esverdeada, sendo tal reação exclusiva de flavonóis. Os outros compostos (flavonas, flavanonas e isoflavonas) podem corar-se, mas não apresentam fluorescência.

2.2.10.3 Reação de Ácido sulfúrico concentrado

Adicionou-se 3 mL da solução extrativa numa cápsula de porcelana e deixou-se evaporar até a semi-secura. Adicionou-se cerca de 0,5 mL de ácido sulfúrico concentrado e os resultados foram analisados sob luz ultravioleta, com observação da fluorescência.. Esta reação se baseia na formação de sais de oxônio, cujas soluções apresentam fluorescência variável conforme a posição de íon oxônio na molécula.

2.2.11 Compostos fenólicos

2.2.11.1 Reação com Hidróxidos alcalinos

Transferiu-se 3 mL da solução extrativa para um tubo de ensaio. Adicionou-se 1 mL de NaOH a 20% (p/v) e agitou-se o tubo. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: caso existam heterosídeos flavônicos na amostra, haverá desenvolvimento de coloração amarela. Em meio alcalino, alguns grupos de flavonóides apresentam cor amarela. As chalconas podem desenvolver coloração vermelho- amarelada.

2.2.11.2 Reação com Cloreto de Alumínio

Transferiu-se cerca de 5 mL da solução extrativa para um béquer ou cápsula de porcelana. Concentrou-se até a metade e transferiu-se para um pedaço de papel de filtro espalhado sobre toda a superfície. Umedeceu-se uma das regiões do papel com solução de cloreto de alumínio a 5% (p/v) e analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: levou-se para a luz ultravioleta e observou-se quanto ao aparecimento de fluorescência. Em

presença de cloreto de alumínio, compostos flavonóides, possuem fluorescência amarela intensa quando observados sob luz UV.

2.2.11.3 Reação com Cloreto Férrico

Transferiu-se 3 mL da solução extrativa para um tubo de ensaio. Adicionou-se 2 gotas de cloreto férrico a 4,5% (p/v). Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: observou-se o aparecimento de coloração negra, azul, amarela, verde, marrom ou vermelha.

2.2.12 Heterosídeos antraquinônicos

2.2.12.1 Reação de Bornträger Indireta

Para a realização da caracterização desta classe de metabólitos secundários, transferiu-se 10 mL do filtrado para um béquer de 40 mL, identificando o mesmo como (I), e 10 mL para outro béquer, identificando o mesmo como (II). No conteúdo do béquer (I) acrescentou-se 0,5 mL de HCl a 10% (v/v) e levou-se à fervura por 2 minutos em chapa aquecedora. Realizou-se o mesmo procedimento para o béquer (II).

Transferiu-se os líquidos para os tubos identificados por (I) e (II) e, após o resfriamento, adicionou-se a cada um dos tubos, 10 mL de éter etílico P.A., agitando-os levemente. Logo após, separou-se a estérea dos tubos (I) e (II), e acrescentou-se 4 mL de amônia 50% (v/v) em cada um dos tubos, deixando-os em repouso por 5 minutos. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: a presença deste metabólito secundário é evidenciada pelo aparecimento de coloração do róseo ao vermelho na fase amoniacal.

O reconhecimento dos heterosídeos antraquinônicos, na reação de Bornträger, consiste na formação de fenatos de amônia de coloração rósea, após a extração das agliconas e daquelas liberadas por hidrólise ácida. A cor desenvolvida, no máximo em 5 minutos, intensifica-se progressivamente pela oxidação das formas livres reduzidas – antrona e antranol – em antraquinona.

2.2.13 Cumarinas - Extração

Pesou-se 2 g da amostra pulverizada e realizou-se a extração com 30 mL de água a quente. Filtrou-se o mesmo e adicionou 1 mL de HCl 1N, transferiu-se para um funil de separação e extraiu-se com 10 mL de éter, reduziu-se o volume e gotejou-se sobre duas regiões distintas de um papel filtro, marcando-as.

2.2.13.1 **Reação com Hidróxido de Sódio (NaOH)**

Acrescentou-se 1 gota de NaOH 1N em uma das regiões onde foi aplicado o extrato estéreo e observou-se em luz UV. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: reação positiva para fluorescência verde ou azulada.

2.2.14 **Taninos - Extração**

Para a extração dos taninos presentes na amostra pulverizada, pesou-se 2 g do pó em balança de precisão. Adicionou-se 50 mL de água destilada e ferveu-se durante 5 minutos. Após, filtrou-se a mistura ainda quente utilizando papel filtro. Completou-se o volume para q.s.p 100 mL. Chamou-se a mesma de solução extrativa. Separou-se 12 tubos de ensaio em uma estante e em 6 dos 12 tubos colocou-se 5 mL da solução extrativa. Nos 6 tubos restantes adicionou-se o controle positivo, 5 mL de ácido tânico 0,5% (p/v).

2.2.14.1 **Reação com gelatina**

Adicionou-se ao tubo identificado como (I) (amostra e controle), 5 gotas de solução de gelatina a 2,5% (p/v) em solução de NaCl a 5% (p/v). Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: comparou-se os tubos e verificou-se a presença de taninos pelo aparecimento de um precipitado branco, pois os mesmos reagem com os aminoácidos da gelatina (prolina, por exemplo), pelo grupamento amina formando precipitado.

2.2.14.2 **Reação com alcalóides**

Adicionou-se ao segundo tubo (amostra e controle), 5 gotas de solução de sulfato de quinino a 1% (p/v) em ácido sulfúrico a 5% (v/v). Ao terceiro tubo (amostra e controle), adicionou-se 5 gotas de solução de brucina a 1% (p/v) em ácido sulfúrico 5% (v/v). Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: comparou-se os tubos e verificou-se quanto a presença de precipitado, indicando a presença de taninos. Taninos reagem com alcalóides pelo fato destes conterem o grupamento amina na molécula (mais especificamente o N).

2.2.14.3 **Reação com sais metálicos**

Ao quarto tubo (amostra e controle) adicionou-se 5 gotas de acetato de cobre a 4% (p/V) e ao quinto tubo (amostra e controle) adicionou-se 2 gotas de cloreto férrico a 2% (p/v). Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: comparou-se os tubos e verificou-se quanto a coloração dos mesmos e a ocorrência de precipitado. Os taninos têm a propriedade de reagir e precipitar com sais metálicos, tais como chumbo, cobre, zinco, cromo e ferro. Já com sais de ferro, formam precipitados enegrecidos, como fenatos férricos e ferrosos.

2.2.14.4 Reação com Hidróxidos alcalinos

Ao sexto tubo (amostra e controle) adicionou-se 5 gotas de solução de hidróxido de sódio ou potássio a 20% (p/v). Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: comparou-se a coloração dos tubos. A presença de taninos na amostra é observada pelo escurecimento da solução. Os taninos não precipitam pelos hidróxidos alcalinos, pois os grupos fenólicos reagem formando fenatos solúveis.

2.2.15 Alcaloides - Extração ácida

Pesou-se 2 g da amostra pulverizada, adicionou-se 20 mL de ácido sulfúrico a 5% (v/v). Levou-se à fervura por 3 minutos e, em seguida, filtrou-se em papel filtro e resfriou-se o mesmo. Transferiu-se o filtrado para um funil de separação, alcalinizou-se o mesmo com NH_4OH a 10% e extraiu-se com 2 porções de 10 mL de clorofórmio. Logo após, adicionou-se na fração orgânica 20 mL de HCl diluído, separou-se a fração ácida e submeteu-se a pesquisa de alcaloides usando reagentes gerais dos alcaloides.

2.2.15.1 Reação de caracterização

Distribuiu-se a fração ácida igualmente em 6 tubos de ensaio, sendo que em cada tubo, respectivamente, acrescentou-se de 3 a 6 gotas dos reativos gerais para alcaloides: Reativo de Mayer, Reativo de Dragendorff, Reativo de Bouchardat, Reativo de Bertrand, Reativo de Hager e Ácido Tânico. Montou-se, em paralelo, uma outra bateria com 6 tubos de ensaio, contendo 3 ml de solução padrão de sulfato de quinina 1% (p/v). Em cada um dos tubos adicionou-se 3 a 6 gotas dos reagentes citados acima, a fim de servirem como um padrão para comparação com a primeira bateria de tubos de ensaio. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: a presença de alcalóides foi demonstrada pelo aparecimento de precipitado nos tubos.

Em que:

Reativo de Mayer – precipitado branco.

Reativo de Dragendorff – precipitado vermelho tijolo.

Reativo de Bouchardat – precipitado marrom-avermelhado.

Reativo de Bertrand – precipitado branco.

Reativo de Hager – precipitado amarelo

Ácido Tânico – precipitado bege.

2.2.16 Heterosídeos Cardioativos - Extração

Para a extração dos possíveis heterosídeos cardioativos digitálicos presentes na amostra pulverizada, pesou-se 2,5 g da mesma, adicionou-se 25 mL de etanol a 50% (v/v) e 10 mL de solução de acetato de chumbo a 10% (p/v) e levou-se à fervura por 4 minutos. Resfriou-se e filtrou-se o volume para 25 mL de etanol a 50% (v/v). Transferiu-se o filtrado para um funil de separação e extraiu-se por 2 vezes com 15 mL de clorofórmio P.A. A fração clorofórmica foi utilizada nas reações abaixo.

2.2.16.1 Reação de Liebermann-Burchard

Transferiu-se 3 mL da fração clorofórmica para um tubo de ensaio e evaporou-se até secura em banho-maria. Ao resíduo do tubo, adicionou-se 1 mL do reagente de Liebermann-Burchard, recém preparado. Deixou-se o tubo em repouso por 5 minutos e analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: analisou-se quanto a coloração, sendo reação positiva para cores castanho (dedaleira); verde (cila e estrofanto). Esta reação caracteriza compostos esteróides e tritepenóides, uma vez que o reagente (anidrido acético + ácido sulfúrico) promove desidratações e desidrogenações do CPPHF, resultando em derivados com ligações duplas conjugadas, portanto, corados.

2.2.16.2 Reação de Pesez

Transferiu-se 3 mL da fração clorofórmica para uma cápsula de porcelana e evaporou-se até secura em chapa aquecedora. Adicionou-se ao resíduo, após esfriar, 3 a 6 gotas de H₃PO₄ P.A. Misturou-se com auxílio de um bastão e levou-se para luz UV. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: reação positiva para aparecimento de fluorescência verde-amarelada.

2.2.16.3 Reação de Keller-Kiliani

Evaporou-se até secura, 5 mL da fração clorofórmica num tubo de ensaio em banho maria. Ao resíduo do tubo, adicionou-se 3 mL de um reagente recém preparado que contém ácido acético glacial P.A. e clorofórmio férrico 9% (p/v) na proporção de 3:0:1. Homogeneizou-se o conteúdo do tubo e, lentamente, verteu-se para outro tubo de ensaio contendo 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: reação positiva quanto ao desenvolvimento de um anel de coloração castanho-avermelhada na zona de contato, bem como o aparecimento de coloração azul-esverdeada na camada acética. Esta reação somente é positiva se o desoxiaçúcar estiver na extremidade glicídica. Se houver glucose ou outro açúcar, a reação será negativa, mesmo havendo desoxiaçúcares na molécula.

2.2.16.4 Reação de Kedde

Transferiu-se 6 mL da fração clorofórmica para um tubo de ensaio e evaporou-se até secar em banho-maria. Ao resíduo do tubo, acrescentou-se 2 mL de etanol 50% (v/v), 2 mL de água destilada, 2 mL de reagente ácido 3-5 dinitrobenzóico a 1% (p/v) recém preparado em etanol a 96% (v/v) e 2 mL de hidróxido de potássio 1M. Após um repouso de 5 minutos, analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: analisou-se o desenvolvimento de uma coloração castanho-avermelhada a vermelho-violeta que indica reação positiva. Esta reação é atribuída à dissociação do anel lactônico pentacíclico insaturado (cardenólido) em meio alcalino, que se une ionicamente com um reagente nitrado, como o ácido dinitrobenzóico, pícrico e outros, resultando em compostos fortemente coloridos.

2.2.17 Saponinas

2.2.17.1 Determinação do índice de espuma

Pesou-se exatamente 1g da droga vegetal e transferiu-se para um erlenmeyer contendo 50 mL de água fervente, mantendo-se sob fervura moderada por 30 minutos. Resfriou-se e filtrou-se o mesmo para um balão volumétrico de 100 mL. Completou-se, através do filtro, até 100 mL. Distribuiu-se o decocto obtido em 10 tubos de ensaio com tampa, em série sucessiva de 1 até 10 mL, e ajustou-se o volume do líquido em cada tubo a 10 mL de água destilada. Tampou-se os tubos e agitou-os com movimentos verticais por 15 segundos, com duas agitações por segundo. Deixou-se em repouso por 15 segundos e mediu-se a altura da espuma. Analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: se a altura da espuma de todos os tubos for inferior a 1 cm, o índice de espuma é menor do que 100. Já se em qualquer um dos tubos a altura da espuma medida for 1 cm, a diluição do material vegetal nesse tubo (A) é o índice observado. Se esse tubo for o primeiro ou o segundo na série, é necessário fazer uma diluição intermediária, pelo mesmo método descrito anteriormente, para obter um resultado mais preciso.

Se a altura da espuma for maior do que 1 cm em todos os tubos de ensaio, o índice de espuma é maior do que 1000. Nesse caso, a determinação precisa ser feita com uma nova série de diluições do decocto para se obter um resultado mais preciso. O Índice de Espuma (IE) é calculado segundo a equação:

$$IE = 1000/A$$

Em que:

A= Volume, em mL do decocto usado na preparação da diluição no tubo.

2.2.18 Heterosídeos Cianogênicos

2.2.18.1 Pesquisa de Heterosídeos Cianogênicos pela técnica de Guignard

Triturou-se cerca de 10 a 15 g de vegetal fresco com auxílio de um pistilo e transferiu-se para um Erlenmeyer com boca esmerilhada. Adaptou-se o papel reativo de Guignard na boca do Erlenmeyer, prendendo-o com a tampa, de modo que a tira não encoste nas paredes internas do frasco e nem no material triturado. Aqueceu-o ligeiramente e analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: analisou-se quanto a cor do papel, se o mesmo passou de amarelo para alaranjado e, finalmente, para vermelho, é indicada a reação positiva para este metabólito secundário.

2.2.18.2 Pesquisa de Heterosídeos Cianogênicos numa solução do azul de Prússia

Num tubo de ensaio, adicionou-se 2 mL de uma solução obtida pela trituração e filtragem do vegetal fresco. Acrescentou-se 5 gotas de NaOH 10%, 5 gotas de FeSO₄ 10% e 1 gota de FeCl₃ 9%. Agitou-se e adicionou-se 10 gotas de HCl diluído. Agitou-se novamente e analisou-se o resultado utilizando as seguintes observações: analisou-se quanto a formação da cor Azul da Prússia para reação positiva.

2.2.19 Extração e caracterização dos óleos essenciais

Das duas espécies estudadas, somente de *H. humistrata* foi obtida biomassa suficiente para extração de óleos essenciais. A metodologia utilizada para a extração de óleo essencial foi o sistema de hidrodestilação utilizando aparato de Clevenger e identificação dos compostos por análise cromatográfica, em fase gasosa, acoplada à espectrometria de massas. A extração de óleo essencial foi realizada no Laboratório de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de Produtos da Biodiversidade da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.

O óleo essencial das folhas de *Hygrophila humistrata* foi extraído em sistema de hidrodestilação utilizando aparato de Clevenger acoplado a um balão de fundo redondo de 1000 mL e manta de aquecimento como fonte de calor. Cerca de 100 g do material vegetal seco e pulverizado foram transferidos para o balão, acrescidos de 500 mL de água purificada. Em seguida, o sistema foi mantido sob fervura por 3 horas, e o óleo essencial foi coletado do sistema com auxílio de uma partição realizada com éter etílico grau CLAE, para facilitar a separação do óleo essencial e da água. Sulfato de sódio anidro P.A. foi adicionado à fração etérea para a retirada do excesso de água. Após a evaporação do éter etílico, o óleo essencial foi armazenado em recipiente de vidro âmbar a -18 °C, para análises posteriores.

A identificação dos compostos do óleo essencial foi realizada por cromatografia em fase gasosa, acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). As análises foram conduzidas no

Núcleo de Estudos e Pesquisas Tóxico-Farmacológicas (NEPET) da Universidade Federal de Goiás.

Para tanto, uma amostra do óleo volátil foi diluída em hexano (1 mg. 20 mL⁻¹) e submetida à análise CG/EM em aparelho SHIMADZU QP5050A munido de coluna capilar de sílica fundida (CBP – 5; 30m x 0,25mm x 0,25µm) a uma temperatura programada (60 °C/2min; 240 °C/3 min; 280 °C/10min) e temperatura de injeção de 225 °C. Hélio foi utilizado como gás de arraste a um fluxo de 1 mL min⁻¹. O modo de injeção foi do tipo split a uma taxa de 20. O espectrofotômetro foi programado para temperatura da fonte de íons de 240 °C, temperatura da interface de 240 °C, m/z 40 e m/z 350 e energia de ionização de 70 eV.

Os componentes químicos do óleo essencial foram identificados usando bibliotecas digitais de dados espectrais de massa (NIST, 1998) e por comparação dos espectros de massas e índices de retenção com os relatados na literatura para os componentes mais comuns de óleos essenciais (Adams, 2017). Os índices de retenção foram calculados através da coinjeção de uma mistura de hidrocarbonetos, C9 – C22, e utilização da equação de Van Den Dool e Kratz (Van Den Dool e Kratz, 1963; Adams, 2017). O rendimento do óleo essencial e os compostos identificados e seus percentuais podem ser observados na Tabela 1 e 2 respectivamente.

2.3 RESULTADOS

Os resultados da triagem fitoquímica qualitativa dos estratos obtidos das folhas de *H. humistrata* e *H. guianensis* (Tabela 1) revelou diferenças significativas na composição química dessas espécies. Ambas apresentaram compostos fenólicos e taninos, confirmando a presença de metabólitos com potencial antioxidante e antimicrobiano. No entanto, algumas

classes de compostos foram detectadas exclusivamente em uma das espécies, indicando perfis químicos distintos.

A triagem demonstrou que *H. humistrata* possui heterosídeos cardioativos, enquanto *H. guianensis* se destaca pela presença de cumarinas e alcaloides. Essas diferenças sugerem potenciais aplicações diferenciadas para cada espécie.

Além disso, a ausência de saponinas e heterosídeos cianogênicos em ambas as espécies é um indício de que esses compostos não fazem parte de seu perfil químico predominante.

Tabela 1 - Resultados observados na triagem fitoquímica qualitativa da droga vegetal das folhas de *Hygrophila humistrata* coletada no município de Niquelândia e *Hygrophila guianensis*, coletada em São João da Aliança, Goiás.

Classe de Compostos	Reações/Testes	<i>H. humistrata</i>	<i>H. guianensis</i>
Flavonóides	Reação da cianidina ou de Shinoda	-	-
	Reação Oxalo-Bórica	-	+
	Reação com concentrado	+	+
Compostos Fenólicos em Geral - caracterização de hidroxilas fenólicas	Reação com Hidróxidos Alcalinos	+	+
	Reação com Cloreto de Alumínio	+	+
	Reação com Cloreto Férrico	+	+
Heterosídeos antraquinônicos	Reação de Bornträger Indireta	-	-
Cumarinas	Reação de caracterização	-	+
Taninos	Reação com gelatina	+	+
	Reação com alcalóides	+	+
	Reação com sais metálicos	+	+
	Reação com Hidróxidos Alcalinos	+	+
	Reativo de Mayer	-	-
Alcaloides - Reagentes iodados	Reativo de Dragendorff	-	-
	Reativo de Bouchardat:	-	-
Alcaloides - Reagentes iodados	Reativo de Dragendorff	-	-
Alcaloides – Reagentes poliacidos	Reativo de Bertrand	-	+
Alcaloides – Reagentes à base de Ácidos Orgânicos	Reativo de Hager	-	unknown
	Ácido Tânico	-	+
	Reação de Liebermann-Burchard	+	+
Heterosídeos Cardioativos	Reação de Pesez	+	-
	Reação de Keller-Kiliani		-
	Reação de Kedde	-	-

Saponinas	Determinação do índice de espuma	-	-
Heterosídeos Cianogênicos	Papel reativo de Guignard	-	-

Legenda: Presente (+); Ausente (-); unknown (não analisado). Fonte: O autor, 2025.

A Tabela 2 apresenta os dados referentes ao rendimento do óleo essencial extraído das folhas de *Hygrophila humistrata* (Acanthaceae), coletada em um remanescente de Cerrado no município de Niquelândia, Goiás.

Tabela 2 - Rendimento do óleo essencial de *H.humistrata* (Acanthaceae) ocorrente em remanescente de Cerrado no município de Niquelândia Goiás.

Espécie	Massa vegetal seca (g)	Peso do frasco com amostra (g)	Rendimento (%)
<i>H.humistrata</i>	68 g	3,52705 g	0,05186

Fonte: O autor, 2025.

A partir de 68g de material vegetal seco, foi possível obter 3,52705g de óleo essencial, resultando em um rendimento de 0,05186%. Apesar do baixo rendimento percentual esse valor reflete a eficiência do processo de extração empregado para obtenção do óleo essencial.

Tabela 3 - Composição química do óleo essencial de *H.humistrata* (Acanthaceae) ocorrente em remanescente de Cerrado, Niquelândia Goiás. Destacados em negrito os componentes com maior teor de óleo na espécie.

COMPONENTES	RI ^a	RI/ (LIT.) ^b
Sabineno	974	975
1-octen-3-ol	977	979
Beta-pineno	978	979
o-cimeno	1024	1022
Beta-felandreno	1029	1029
Não identificado	—	—
Não identificado	—	—
Não identificado	—	—
1 3,8-p-mentatrieno	1121	1110
Isopulegol	1145	1145
Não-identificado	—	—
Não-identificado	—	—
Isso-isopulegol	1157	1155
formato de nerila	1270	1280
Alfa-copaeno	1378	1376
beta-bourboneno	1387	1387
Beta-elemeneno	1392	1390

Geosmina	1404	1399
Dodecanal	1407	1408
Alfa-cedreno	1410	1410
(E)-cariofileno	1420	1419
Alfa-trans-bergamoteno	1439	1432
9-epi-(E)-cariofileno	1465	1464
Gama-gurjuneno	1478	1477
Gama-muuroleno	1479	1479
Beta-selineno	1489	1489
Trans-muurola-4(14), 5-dieno	1489	1493
Alfa-selineno	1498	1498
delta-cadineno	1524	1523
alfa-calacoreno	1546	1545
Elemol	1552	1549
silfiperfolan-5-en-3-ol	1554	1557
germacreno	1560	1561
butanoato de geranila	1566	1564
2-metilbutanoato de geranila	1596	1601
Guaiol	1596	1600
Rosifoliol	1600	1600
Ledol	1604	1602
epóxido II de humuleno	1613	1608
trans-isolongifolanona	1628	1626
cariofila-4(12),8(13)-dien-5-beta-ol	1639	1640
óxido de allo-aromadendreno	1640	1641
alfa-eudesmol	1655	1652
alfa-cadinol	1656	1654
selin-11-en-4-alfa-ol	1659	1659
eudesma-4(15), 7-dien-1-beta-ol	1689	1688
2-hexil-(E)-cinamaldeído	1747	1748
benzoato de benzila	1763	1760

Legenda: ^aÍndice de Retenção obtido nas análises; ^bÍndice de retenção obtido na literatura: Adams, R.P. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*. Allured: Illinois, p. 804, 2007. Fonte: O autor, 2025.

Quanto a composição química do óleo essencial das folhas e *Hygrophila humistrata* (Tabela 3) foram identificados 48 compostos, dentre eles monoterpenos, sesquiterpenos, álcoois, aldeídos, ésteres e derivados oxigenados. Destacam-se compostos bioativos como isopulegol (RI: 1145) e iso-isopulegol (RI: 1157), confirmados com alta precisão em relação à literatura (diferença de ± 2 unidades). Foram detectados 7 compostos não identificados, o que sugere a presença de substâncias ainda não catalogadas ou não comparadas com padrões de referência.

A maioria dos compostos apresentou ótima correlação com os valores dos índices de retenção (RI) relatados pela literatura, por exemplo Sabineno com RI 974 em relação ao relatado na literatura de 975, Beta-pineno com RI 978 e 979 relatado na literatura e Delta-cadineno com RI de 1524 em relação a 1523 relatado. Essa baixa variação entre os índices de retenção obtidos e relatados na literatura indica uma elevada confiabilidade na identificação dos compostos.

Entre as principais classes químicas identificadas, destacam-se os Monoterpenos (Sabineno, Beta-pineno, Isopulegol), Sesquiterpenos (E)-cariofileno, beta-elemeno, germacreno e selineno e Ésteres e aldeídos (butanoato de geranila e benzoato de benzila).

A composição química principal do óleo essencial extraído das folhas de *H. humistrata*, destacando os diferentes compostos e suas respectivas concentrações é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Componentes principais e percentual de teor do óleo essencial das folhas de *H. humistrata*.

Componente químico do óleo essencial	Teor (%)
Isopulegol	1,31
Iso-Isopulegol	0
Beta-bourboneno	0,78
(E)-cariofileno	1,90
2-metilbutanoato de geranila	8,00
epóxido II de humuleno	0,65
Alfa-eudesmol	0,64
Selin-11-en-4-alfa-ol	8,52
Eudesma-4(15),7-dien-1-beta-ol	0

Fonte: O autor, 2025.

A presença de alguns compostos em maiores proporções pode indicar propriedades específicas do óleo essencial. Por exemplo, selin-11-en-4-alfa-ol (8,52%) e 2-metilbutanoato de geranila (8,00%) que são os componentes mais abundantes. Essas substâncias podem contribuir significativamente para as características aromáticas do óleo essencial, incluindo possíveis atividades biológicas como ação antimicrobiana e anti-inflamatória.

O (E)-cariofileno (1,90%) é conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e analgésicas. Desta forma este composto pode desempenhar um papel importante no potencial farmacológico do óleo essencial de *H. humistrata*.

Outros compostos que aparecem em menor concentração, como o isopulegol (1,31%) e o beta-bourboneno (0,78%), ainda podem influenciar as propriedades bioativas do óleo. Além disso, compostos em menor concentração, como o epóxido II de humuleno (0,65%) e o

alfa-eudesmol (0,64%), também podem exercer influência no perfil químico e na funcionalidade do óleo, especialmente quando associados a outros componentes.

A Tabela 5 apresenta os teores mínimos e máximos dos principais componentes do óleo essencial extraído da amostra de *H. humistrata*. Essa variação nos valores evidencia a diversidade química do óleo essencial da espécie.

Tabela 5 - Teores mínimos e máximos dos componentes principais do óleo essencial da amostra de *H. humistrata*

Componentes principais	RI ^a	RI/(lit.) ^b	Teor (%) mínimo	Teor (%) máximo
Isopulegol	1145	1145	0,00	9,30
Iso-isopulegol	1157	1155	0,00	5,20
beta-bourboneno	1387	1387	0,00	3,96
(E)-cariofileno	1420	1419	1,93	18,6
2-metilbutanoato de geranila	1596	1601	0,00	8,09
Epóxido II de humuleno	1613	1608	0,00	1,8
Alfa-cadinol	1656	1654	000	3,2
selin-11-en-4-alfa-ol	1659	1659	0,00	8,41
eudesma-4(15),7-dien-1-beta-ol	1689	1688	0,00	2,6

Legenda: ^aÍndice de Retenção obtido nas análises; ^bÍndice de retenção obtido na literatura: Adams, R.P. *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*. Allured: Illinois, p. 804, 2007. Fonte: O autor, 2025.

2.4 DISCUSSÃO

A triagem fitoquímica dos extratos de *H. humistrata* e *H. guianensis* (Tabela 1) são indicações importantes na aplicabilidade dos compostos secundários das espécies. Os Flavonoides por exemplo, foram confirmados na reação com concentrado para ambas as espécies, todavia *H. guianensis* também reagiu positivamente à Reação Oxalo-Bórica. Isso sugere uma diferença na composição desses compostos entre as duas espécies, o que pode consequentemente influenciar as propriedades o composto.

Os compostos fenólicos reagiram positivamente para ambas as espécies em testes com hidróxidos alcalinos, cloreto de alumínio e cloreto férrico. Essa classe de compostos é amplamente conhecida por suas atividades antioxidantes, podendo ter implicações na proteção celular contra danos oxidativos (Soares, 2002). Em contrapartida não foram detectados heterosídeos antraquinônicos em nenhuma das espécies, indicando que esses metabólitos secundários não são expressivos nas duas espécies. Para as cumarinas apenas *H. guianensis*

apresentou reação positiva, o que pode indicar um potencial uso da espécie para atividades antimicrobianas e anti-inflamatórias (Franco et al. 2021).

Ambas as espécies mostraram presença de taninos em diversos testes, confirmando sua expressividade na composição química. Esses compostos são conhecidos por suas propriedades adstringentes, antioxidantes e antimicrobianas (Monteiro et al. 2005). A presença de alcaloides, entretanto só foi detectada em *H. guianensis* pelo Reativo de Bertrand e Ácido Tânico, sugerindo que essa espécie possui metabólitos com possível ação farmacológica, como propriedades analgésicas e estimulantes.

Apenas *H. humistrata* apresentou reação positiva à Reação de Pesez, enquanto os outros testes foram negativos para heterosídeos cardioativos. Isso pode indicar um potencial uso dessa espécie na modulação de efeitos cardíacos. Ambas as espécies reagiram negativamente para saponinas e heterosídeos cianogênicos.

As principais classes químicas identificadas no óleo essencial de *H. humistrata* (Tabela 3) como os Monoterpenos (sabineno, beta-pineno, isopulegol) possuem associação com propriedades aromáticas, antimicrobianas e calmantes. Os Sesquiterpenos ((E)-cariofileno, beta-elemeno, germacreno e selineno) podem apresentar ação anti-inflamatória e antioxidante e os Álcoois sesquiterpênicos (elemol, guaiol, alfa-cadinol e eudesmol) podem atuar na ação da modulação da resposta imune.

A variação nos valores percentuais (Tabela 4 e Tabela 5) evidenciam a diversidade química do óleo essencial de *H. humistrata*, podendo impactar diretamente nas aplicações tecnológicas da espécie. Por exemplo o (E)-cariofileno se destaca como um dos compostos de maior concentração, podendo atingir até 18,6%. Esse composto apresenta propriedades anti-inflamatórias e analgésicas, tornando-se relevante, especialmente na concentração obtida para aplicações farmacêuticas e cosméticas. O Isopulegol e Iso-isopulegol aparecem com teores máximos de 9,30% e 5,20%, respectivamente, possuem potencial aromático e podem contribuir para usos farmacológicos. O Selin-11-en-4-alfa-ol (máximo de 8,41%) e 2-metilbutanoato de geranila (máximo de 8,09%) são outros componentes de destaque, podendo influenciar as propriedades químicas e biológicas do óleo essencial.

Outros compostos como o Beta-bourboneno e Eudesma-4(15),7-dien-1-beta-ol aparecem em menores proporções, mas ainda podem desempenhar papéis importantes no perfil químico do óleo de *H. humistrata*.

2.5 CONCLUSÃO

A triagem fitoquímica qualitativa dos extratos das folhas de *Hygrophila humistrata* e *Hygrophila guianensis* revelou um perfil químico diversificado, evidenciando a presença de metabólitos secundários com potencial bioativo. Essas variações químicas sugerem aplicações diferenciadas para cada espécie, podendo ser exploradas em setores farmacêuticos e cosmético. Além disso, a ausência de certos metabólitos, como saponinas e heterosídeos cianogênicos, indica particularidades químicas que podem ser relevantes para futuras investigações.

O perfil químico do óleo essencial de *H. humistrata* indica uma rica composição terpênica, sugerindo o potencial para aplicações farmacológicas, aromaterápicas ou mesmo industriais. A presença de compostos não identificados abre espaço para investigações fitoquímicas exploratórias, que podem levar até mesmo à descoberta de novas moléculas bioativas. A correspondência precisa com os valores de referência descritos na literatura fortalece a reprodutibilidade e confiabilidade analítica do método empregado.

Os resultados obtidos fornecem uma base consistente para estudos aprofundados sobre a bioatividade dessas espécies, contribuindo para a valorização de recursos naturais de espécies do Cerrado brasileiro e para o desenvolvimento de produtos com potencial terapêutico. A continuidade das pesquisas poderá confirmar e ampliar o conhecimento sobre as propriedades e aplicações medicinais e industriais desses compostos e analisar a toxicidade dos extratos.

CAPÍTULO 3 *Hygrophila* R. Br. (Acanthaceae) NO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

3.1. INTRODUÇÃO

A família Acanthaceae é constituída majoritariamente por espécies não arborescentes, distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do globo, abrangendo algumas áreas temperadas (Mabberley, 1987; Manzito-Tripp et al. 2022).

Ocorrem nos domínios fitogeográficos do Cerrado Brasileiro aproximadamente 150 espécies de Acanthaceae, sendo conhecidas 86 espécies endêmicas para a região (Flora e Funga do Brasil, 2024). Apesar da elevada diversidade de espécies dentre as savanas tropicais, poucos trabalhos tratam da família na ecorregião do Cerrado, como as floras da Serra do Cipó e Grão Mogol (Kameyama 1995; Kameyama 2003) no Estado de Minas, Flora do Pico das Almas (Harvey e Wasshausen 1995) para o Estado da Bahia e Flora do Distrito Federal (Vilar et al., 2009). Destacando para o Cerrado Goiano as revisões do gênero *Justicia* e *Ruellia* (Sartin, 2015; Fernandes et al. 2024).

Nees Von Esenbeck (1847) foi pioneiro e, durante mais de um século uma das únicas referências a tratar das acantáceas *sensu latu* brasileiras. A *Flora brasiliensis* inclui 343 espécies, distribuídas em 57 gêneros, contando ainda com 31 ilustrações. Entretanto, os conceitos genéricos e específicos tratados na obra eram bastante restritos e passaram por alterações posteriores. Dentre as classificações que abrangem a família, destacam-se os tratamentos de Lindau (1895) com as quatro subfamílias: Nelsonioideae, Mendoncioideae, Thunbergioideae e Acanthoideae, esta última reunindo as espécies em que os frutos apresentam retináculo, enquanto nas outras três a estrutura é ausente. Apesar da carência de sinapomorfias para a família, estas cápsulas deiscentes explosivas são um traço morfológico identitário para a subfamília Acanthoideae (Scotland & Vollesen, 2000).

Bremekamp (1965) excluiu em sua reclassificação os grupos com retináculo ausente, posicionando Thunbergioideae e Mendoncioideae como famílias separadas: Thunbergiaceae e Mendonciaceae, e transferiu Nelsonioideae para Scrophulariaceae.

Scotland e Vollesen (2000) consideraram três subfamílias: Nelsonioideae, Thunbergioideae e Acanthoideae, sendo esta última constituída por duas tribos: Acantheae e Ruelliae, esta última englobando quatro subtribos: Ruellinae, Justiciinae, Andographiinae e Barleriinae. Em trabalho no mesmo ano, todavia, MacDade (2000) seguiu a classificação de

Bremekamp (1965), considerando Acanthoideae constituída pelas tribos: Acantheae, Ruelliae, Barleriae, Andrographidae e Justicieae.

A classificação mais atual da família realizada por Manzito-Tripp *et al.* (2022) revisou e posicionou os 191 gêneros aceitos de Acanthaceae, incluindo na circunscrição da família os clados com frutos com retináculo ausente. Na reclassificação foram reconhecidas quatro subfamílias: Nelsonioideae, Avicennioideae, Thunbergioideae e Acanthoideae. Thunbergioideae foi distribuída nas tribos Mendoncieae e Thunbergieae. Acanthoideae foi constituída por oito tribos: Acantheae, Physacanthae, Barleriae, Andrographidae, Whitfieldiae, Neuracanthae, Ruelliae e Justicieae. Dentro destas tribos, foram reconhecidas um total de 19 subtribos: Acanthinae e Aphelandrinae (Acantheae); Lankesteriinae e Whitfieldiinae (Whitfieldiae); Dinteracanthinae, Erantheminae, Hygrophilinae, Mcdadeinae, Mimulopsidinae, Petalidiinae, Phaulopsidinae, Ruelliinae, Strobilanthinae e Trichantherinae (Ruelliae); e Graptophyllinae, Isoglossinae, Justiciinae, Monotheciinae e Tetrameriinae (Justicieae).

O gênero *Hygrophila* foi estabelecido por Robert Brown em 1810 com a designação do tipo *Hygrophila ringens* (L.) Steud. O nome *Hygrophila* deriva do grego ‘*hygro*’ (água) e ‘*phila*’ (amante / amigo), alusionando ao hábito aquático da planta (Wasshausen, 1969). *H. ringens* foi descrita com base no cálice tubular, constituído por 5 lacíneos subiguais, levemente ampliado, com o limbo bilabiado e os pares de estames unidos na base por uma membrana (Brown, 1810). Hermann Heino Heine incluiu em 1971 o gênero *Synnema* em *Hygrophila*, transferindo 23 espécies e expandindo as delimitações do táxon (Heine, 1971).

Na reclassificação mais atual Manzito-Tripp *et al.* (2022) baseada na revisão de tratamentos anteriores, incluindo trabalhos filogenéticos e moleculares o gênero *Hygrophila* R. Br. foi posicionado na subfamília Acanthoideae, tribo Ruelliae, subtribo Hygrophilinae (Manzito-Tripp *et al.*, 2022).

Dando continuidade aos estudos florísticos voltados para a família Acanthaceae no Cerrado goiano, com destaque prévio para os gêneros *Justicia* e *Ruellia* (Sartin 2015; Fernandes et al. 2024), este capítulo tem como objetivo esclarecer a identidade e os limites taxonômicos das espécies de *Hygrophila* presentes nos remanescentes desse bioma.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Área de Estudo

O Estado de Goiás localiza-se no Planalto Central Brasileiro, ocupando a sétima posição entre os maiores estados do Brasil e apresentando a maior cobertura do bioma Cerrado, reconhecido como um dos mais biodiversos do planeta e considerado *hotspot* mundial de conservação (Mittermeier et al., 1999; Ribeiro e Walter, 2008). A ecorregião do Cerrado ocupa cerca de 25% do território nacional, abrangendo grande parte do estado goiano (IBGE, 2004). A diversidade florística do Cerrado é notável, com mais de 11 mil espécies de plantas vasculares nativas (Mendonça et al., 2008), muitas das quais endêmicas e adaptadas às variações sazonais de umidade e temperatura.

Diferentes tipos de vegetação ocupam áreas úmidas no bioma Cerrado (Figura 23), variando de florestas a campos, formando mosaicos complexos na paisagem (Durigan et al., 2022). Dentre as formações florestais em ambientes úmidos destacam-se as florestas de galeria (Figura 24), caracterizadas por faixas estreitas de floresta ripária localizadas ao longo de pequenos rios e córregos (Ribeiro e Walter, 2008) ocorrem também Florestas Ciliares, as quais ocorrem ao longo de rios médios a grandes onde as copas das árvores não formam corredores fechados sobre o curso hídrico (Ribeiro e Walter, 2008).

No todo, as áreas úmidas de Cerrado formam uma complexa rede de ecossistemas, incluindo veredas, campos úmidos e matas ciliares, que favorecem a ocorrência de espécies aquáticas e palustres, como as do gênero *Hygrophila*.

Figura 23 – Vegetação nativa associada a curso hídrico; A: Cerrado *Stricto sensu* marginal a rio no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, GO; B: Coleta de *Hygrophila guianensis*, no município de São João da Aliança, GO.



Fonte: A: O autor, 2024; B: Rodolph Sartin, 2024.

Figura 24 – A: *Hygrophila costata* em vereda, no município de Orizona, GO; B: Formação vegetal em fisionomia do tipo vereda no município de Orizona, GO.



Fonte: O autor, 2025.

3.2.2 Expedições de Coleta

foram realizadas 12 expedições de coleta em campo, de fevereiro de 2023 a julho de 2024, nos municípios de Silvânia, Orizona, Panamá, Pirenópolis, Goiás Velho, Niquelândia,

São João da Aliança, Vianópolis, Anápolis e Gameleira de Goiás onde foram realizadas coletas em áreas particulares e Unidades de Conservação Federais e Estaduais, autorizadas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Autorização nº 87585-1) e pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD/GO (Autorização nº 72/2023, processo nº 202300017008416). Nem todas as expedições de coleta resultaram em êxito para as espécies alvo. A coleta de material botânico seguiu os métodos usuais em taxonomia vegetal (Peixoto & Maia, 2013).

Para auxílio nas determinações taxonômicas, flores foram coletadas e fixadas em FAA 70% para análises posteriores.

3.2.3 Herbários Consultados

Foram analisadas as amostras depositadas em Herbários do Cerrado Goiano: HUEG, UFG, UNB, IBGE e CEN (Acrônimos de acordo com Thiers, 2025 continuamente atualizado) bem como a análise de materiais tipo repatriados digitalmente através do site JSTOR *Global Plants* ou de sites de herbários.

3.2.4 Análise Morfológica e Descrição Taxonômica

O material botânico coletado foi examinado no Laboratório de Pesquisa e Inovação em Saberes Tradicionais e Ambientais do Cerrado LabSACER (UEG), Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos da Biodiversidade PD&Bio (UEG) e Laboratório de Biologia Reprodutiva de Plantas BioRep (UFG). A terminologia utilizada para descrição das estruturas morfológicas vegetativas e reprodutivas seguiu Harris & Harris (2001). Todas as espécies foram analisadas com o auxílio de um microscópio estereoscópico e ilustradas, destacando-se as estruturas de interesse. Foram elaboradas pranchas fotográficas a partir da fotografia de material fresco. Para identificação dos espécimes utilizou-se a bibliografia referência para o táxon no Brasil (Monteiro, 2020; Monteiro et al. 2023).

3.2.5 Identificação e Delimitação Específica

Tanto *Hygrophila costata* quanto *Hygrophila guianensis* foram identificados a partir de suas estruturas macromorfológicas externas associadas a análise polínica. Para análise palinológica, os grãos de pólen das espécies foram posicionados sobre os *stubs* com auxílio de fita dupla face e posteriormente soprados para remover partículas não aderidas. As amostras foram então revestidas com ouro por pulverização catódica e examinados por microscopia eletrônica de varredura (MEV) no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução da Universidade Federal de Goiás (LabMic/UFG). As descrições palinológicas seguiram Punt *et al.* (2007).

3.2.6 Análises e Elaboraões Cartográficas

Os mapas foram elaborados através do software QGis versão 3.32.0, utilizando as malhas dos limites Brasileiros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2022 (disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>). Os gráficos de fenologia foram elaborados considerando as precipitações de 1942 a janeiro de 2025, das 12 estações goianas cadastradas com dados disponíveis no (INMET <https://bdmep.inmet.gov.br/#>) os gráficos foram gerados através do Microsoft Office Excel. Para melhor visualização dos dados, os registros de floração e frutificação foram expressos em percentual.

4 RESULTADOS

4.1 TRATAMENTO TAXONÔMICO

Ervas aquáticas, subaquáticas ou palustres, geralmente perenes, variando de 20 a 150 cm de comprimento, com hábito ereto. Caules cilíndricos ou quadrangulares, glabrescentes a levemente pilosos, com tricomas tectores esparsos ou densamente distribuídos. Folhas simples, opostas, curto a longamente pecioladas (0,5–2 cm), com lâminas variando de oblongo-lanceoladas a elípticas (7,5–15 × 0,6–6 cm), margeadas por bordas inteiras, base atenuada, ápice agudo ou acuminado. Ambas as faces foliares são frequentemente cobertas por tricomas tectores, mais densos na face adaxial. Inflorescências axilares, organizadas em cimeiras, espigas ou corimbos, sésseis a pedunculadas. Brácteas e bractéolas lanceoladas ou elípticas, com tricomas tectores presentes em ambas as faces e distribuídos especialmente nas margens basais. Cálice gamossépalo, 5-lacínico, medindo 8–10 mm de comprimento; lobos subiguais, com margens inteiras e tricomas presentes interna e externamente. Corola tubular, bilabiada, 5–8 mm de comprimento, alva a levemente flava, glabra internamente e hirsuta externamente por tricomas tectores; tubo basal de 2–5 mm, limbo com lábio superior 2-lobado e inferior 3-lobado, lóbulos de forma ovada a arredondada, recurvados, com margens sinuosas em algumas espécies. Estames didínamos, com filetes glabros de tamanhos desiguais (2–4 mm); anteras ovadas (0,7–1 mm). Ovário glabro, 2–2,5 mm de comprimento; estilete linear, 3–10 mm; estigma curto (0,2–0,5 mm), linear. Frutos em cápsulas fusiformes, glabras a glabrescentes, medindo 9–12 mm de comprimento, contendo de 9 a 12 sementes. Sementes pequenas (1–1,5 mm), discoide-elípticas, inteiramente revestidas por tricomas higroscópicos cilíndricos, que auxiliam na dispersão pela água ou por contato.

Chave para as espécies de *Hygrophila* no estado de Goiás

1. Altura da fusão entre as lacínias do cálice ≤ 5 mm, lobos marcadamente recurvados, tubo da corola amarelo.....*H. guianensis*
- 1'. Altura da fusão entre as lacínias do cálice 1-2 mm compr., tubo da corola branco.....*H. costata*

A Tabela 6 apresenta um resumo dos caracteres macromorfológicos úteis para a diferenciação das espécies de *Hygrophila* ocorrentes no Cerrado Goiano, com base na observação direta das estruturas florais.

Tabela 6 – Caracteres macromorfológicos para diagnose e diferenciação das espécies de *Hygrophila* ocorrentes no estado de Goiás.

Caracteres	<i>Hygrophila costata</i>	<i>Hygrophila guianensis</i>
Margem do cálice	Margem inteira	Margem com prolongamentos epidérmicos
Tubo da corola	branco	amarelo

Fonte: O autor, 2025.

Conforme a Tabela 6, duas características principais são destacadas como diagnose das espécies de *Hygrophila* do estado de Goiás: a margem do cálice e a coloração do tubo da corola.

Hygrophila costata possui cálice com margens inteiras (Figura 25A), sem quaisquer projeções ou estruturas adicionais, e apresenta tubo da corola de coloração branca, enquanto *H. guianensis* (Figura 25B) apresenta o cálice com margens providas de prolongamentos epidérmicos, formando uma borda ornamentada que pode atuar como caráter diagnóstico adicional, além de possuir o tubo da corola amarelo.

Figura 25 – Diferenças visuais do cálice de espécies de *Hygrophila* ocorrentes no Cerrado Goiano em material herborizado; A: Cálice de *Hygrophila costata*; B: Cálice de *Hygrophila guianensis*, Destaque para os prolongamentos epidérmicos marginais do cálice.



Fonte: O autor, 2024.

***Hygrophila costata* Nees & T. Nees**, Plantarum, em Horto Medico Bonnensi Nutritarum, Icones Selectae 7–8, t. 3A, a–e. 1824.

Ervas perenes 30 – 90 cm compr., eretas, terrestres, aquáticas ou subaquáticas. Ramos cilíndricos ou quadrangulares, glabrescentes ou levemente pubérulos. Folhas curto pecioladas, pecíolo 0,5-2 cm compr., pilosos com tricomas tectores; lâmina 7,5-15 x 0,6-3 cm compr., oblongo-lanceoladas, clorofiladas, com tricomas tectores em ambas as faces, densamente distribuídos na face adaxial, ápice agudo ou acuminado, base atenuada, margem inteira. Inflorescências axilares arranjadas em cimeiras, espigas ou corimbos, sésseis, subsésseis ou pedunculadas. Brácteas 3-5 x 1mm compr., lanceoladas, tricomas tectores em ambas as faces. Bractéolas 3-4 x 1mm compr., lanceoladas, tricomas tectores em ambas as faces, densamente distribuídos nas margens da base. Cálice 8-10 mm compr., 5-lacíneos, tricomas tectores dispostos internamente e externamente; lobos 5-6 mm compr., altura da fusão entre os lacíneos 1-2 mm, subiguais, margem inteira. Corola 6-8 mm, branca, internamente glabra, externamente hirsuta, tricomas tectores na porção expandida do tubo, tubo basal 2-3 mm compr., glabro, garganta 1-2 mm compr., limbo bilabiado, lábio superior 2 mm compr., 2-lobado, lobos 2 mm compr., ovados, lábio inferior 2-3 mm compr., 3-lobado, lobos, 2 mm compr., arredondados. Filetes menores 2-3 mm compr., filetes maiores 3-4 mm compr., glabros, tecas 0,8-1 mm compr., ovadas. Ovário 2-2,5 mm compr., glabro; estilete 9-10 mm compr., glabro; estigma 0,5 mm compr., linear. Cápsula 10-12 mm compr., fusiforme, glabra. Sementes 1-1,5 mm compr., discoide-elípticas, totalmente recobertas por tricomas higróscópicos longo-cilíndricos, 9-12 sementes por fruto.

Material examinado: **Brasil, Goiás. Abadiânia:** -16.290941 -48.658780, 24 Mar. 2023, fl. fr., Pereira, M.J. 83 (HUEG); -16.172772 -48.392761, 24 Mar. 2023, fl. fr., Pereira, M.J. 89 (HUEG). **Anápolis:** Trilha Ecológica do Tucano, -16.291433 -48.937295, 5 Mar. 2022, fl. fr., Pereira, M.J. 19 (HUEG); -17.044207 -48.606573, 1 Mai 2022, fl. fr., Pereira, M.J. 45 (HUEG); Parque da Matinha, -16.307690 -48.953846, 10 Mai 2022, fl. fr., Pereira, M.J. 48 (HUEG); -16.308141 -48.953792, 19 Dec. 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 124 (HUEG). **Campinorte:** 29 Abr 2012, fl. fr., Sartin, R.D. 347 (UFG). **Corumbá:** -15.923611 -48.808611, 25 Jan 1968, fl. fr., Irwin, H.S. 19209 (UB). **Goiás:** Fazenda Indaiá, -15.934400 -50.140301, 5 Fev. 2010, fl. fr., Faria, J.E.Q. et al. 742 (UB); Poço da Sucuri, -15.999656 -

50.124650, 25 Nov. 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 125 (HUEG); -15.999438 -50.124896, 25 Nov. 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 127 (HUEG); Parque Estadual da Serra Dourada, -16.000733 -50.116164, 25 Nov. 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 126 (HUEG); -16.000732 -50.115917, 25 Nov. 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 130 (HUEG); -16.680039 -48.521475, 20 Nov. 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 129 (HUEG). **Gouvelândia:** Fazenda São José, -18.426111 -50.133056, 19 June 2016, fr., Mendes, V.C.Q.M.G.A. et al. 20 (UB). **Mossâmedes:** Reserva Biológica Prof. José Ângelo Rizzo, 13 Mar. 2013, fl. fr., Sartin, R.D. et al. 390 (UFG). **Orizona:** -17.044130 -48.606917, 10 June 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 69 (HUEG); -17.044207 -48.606573, 10 June 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 70 (HUEG); -17.044277 -48.606454, 10 June 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 71 (HUEG); -17.044454 -48.606310, 10 June 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 72 (HUEG); -17.039830 -48.509949, 10 June 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 78 (HUEG); -17.050941 -48.430885, 10 June 2024, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 79 (HUEG); -17.325500 -48.261750, 10 June 2024, fr., Pereira, M.J. et al. 80 (HUEG); -17.324400 -48.261671, 10 June 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 81 (HUEG); -17.050894 -48.488155, 10 June 2023, fr., Pereira, M.J. et al. 82 (HUEG). **Panamá:** -18.199954 -49.317376, 13 June 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 90 (HUEG). **Pirenópolis:** -15.849917 -48.958921, 15 July 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 92 (HUEG); -15.848155 -48.957584, 15 July 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 93 (HUEG); -15.849548 -48.959055, 15 July 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 95 (HUEG); -15.849605 -48.959112, 15 July 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 96 (HUEG); -15.849586 -48.959001, 15 July 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 97 (HUEG). **Pires do Rio:** -17.267706 -48.214350, 5 Feb. 2023, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 91 (HUEG). **Silvânia:** -16.693097 -48.630405, 15 Feb. 2022, fr., Pereira, M.J. 10 (HUEG); -16.688767 -48.638661, 20 Feb. 2022, fl. fr., Pereira, M.J. 11 (HUEG). **Vianópolis:** Serra do Bugre, -16.683622 -48.520077, 8 July 2024, fl. fr., Pereira, M.J. 59 (HUEG); -16.000834 -50.116741, 20 Nov. 2023, fl. fr., Pereira, M.J. 128 (HUEG).

Hygrophila guianensis Nees, London J. Bot. 4: 634. 1845.

Ervas 20-150 cm compr., eretas, terrestres, aquáticas ou subaquáticas. Ramos quadrangulares ou cilíndricos, levemente pilosos, com tricomas tectores distribuídos irregularmente. Folhas pecioladas; pecíolo 1-2 cm compr., levemente hirsutos; lâmina 9-10 x 40-60 mm compr., elípticas a lanceoladas, clorofiladas com a nervura central levemente flava, tricomas tectores em ambas as faces, abundantes na face adaxial, ápice acuminado, base atenuada, margem inteira. Inflorescências dispostas em cimeiras axilares, sésseis ou subsésseis. Brácteas 2-3 x 8-9 mm compr. Bractéolas 8-5 x 10mm compr., elípticas ou lanceoladas, levemente hirsutas, com tricomas tectores densamente distribuídos nas margens basais. Cálice 5 lacíneos; lobos 1 cm compr., internamente glabro, externamente piloso; altura da fusão entre os lacíneos do cálice 0,5 cm compr., subiguais, margem inteira, tricomas tectores dispostos irregularmente no limbo e nas margens dos lobos. Corola 5-7 mm compr., alva levemente flava da base do tubo até a garganta, tricomas tectores densamente distribuídos na parte externa, tubo basal 5 mm compr., levemente flavo, glabro, garganta 1 mm compr., limbo bilabiado, lábio superior 2,5 mm compr., 2-lobado, lobos 1 mm compr., arredondados, lábio inferior 2 mm compr., 3-lobado, lobos 2 mm compr., marcadamente recurvados de margem sinuosa. Estames didínamos, filetes menores 2,5 mm compr., filetes maiores 3,5 mm compr., glabros, tecas 0,7 mm compr., ovadas. Ovário 2 mm compr., glabro; estilete 3 mm compr., glabro; estigma 0,2 mm compr., linear. Cápsula 9-10 mm compr., fusiforme, glabrescente. Sementes 1 mm

compr., discoide-elípticas totalmente cobertas por tricomas higroscópicos longo-cilíndricos. Cerca de 10-12 sementes por fruto.

Material analisado: **Brasil, Goiás. Alto Horizonte:** -14.196667 -49.300278, 17 July 2021, fl. fr., Faria, J.E.Q. 10749 (UB 246149); 14°10'05" S, 49°17'46" W, 5 July 2015, fl. fr., Faria, J.E.Q. 4836 (UB). **Alto Paraíso:** -14.237468 -47.885514, 30 Mar. 2024, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 140 (HUEG); 21 Mar. 1969, fr., Irwin, H.S. s.n. (UB). **São João d'Aliança:** -14.667432 -47.408323, 28 Mar. 2024, fl. fr., Pereira, M.J. et al. 132 (HUEG).

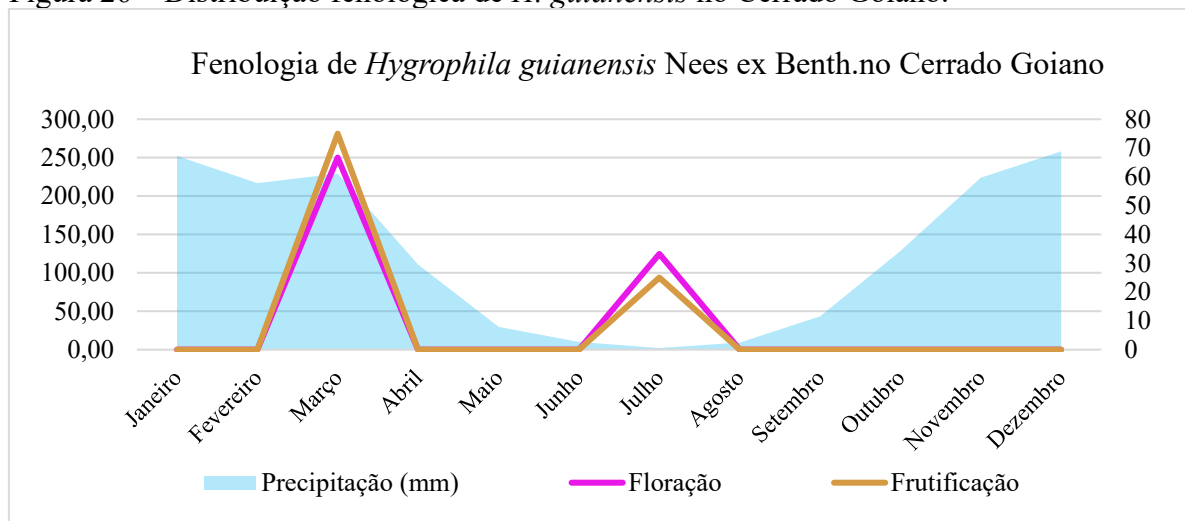
4.2 FENOLOGIA, OCORRÊNCIA E ECOLOGIA

4.2.1 Fenologia das espécies de *Hygrophila* identificadas no Cerrado Goiano

A fenologia é uma ferramenta essencial para compreender as estratégias reprodutivas e o comportamento sazonal das espécies vegetais em resposta às variações ambientais. Na ecorregião do Cerrado, existem duas estações bem definidas, com meses mais chuvosos (de novembro a março) e de seca (de maio a setembro). O clima predominante da região enquadra-se no tipo Aw (clima tropical de savana e inverno seco) de acordo com a classificação de Köppen (Chou et al., 2024). Nesse cenário climatológico, o estudo fenológico assume um papel central na elucidação da ecologia das espécies aquáticas e palustres.

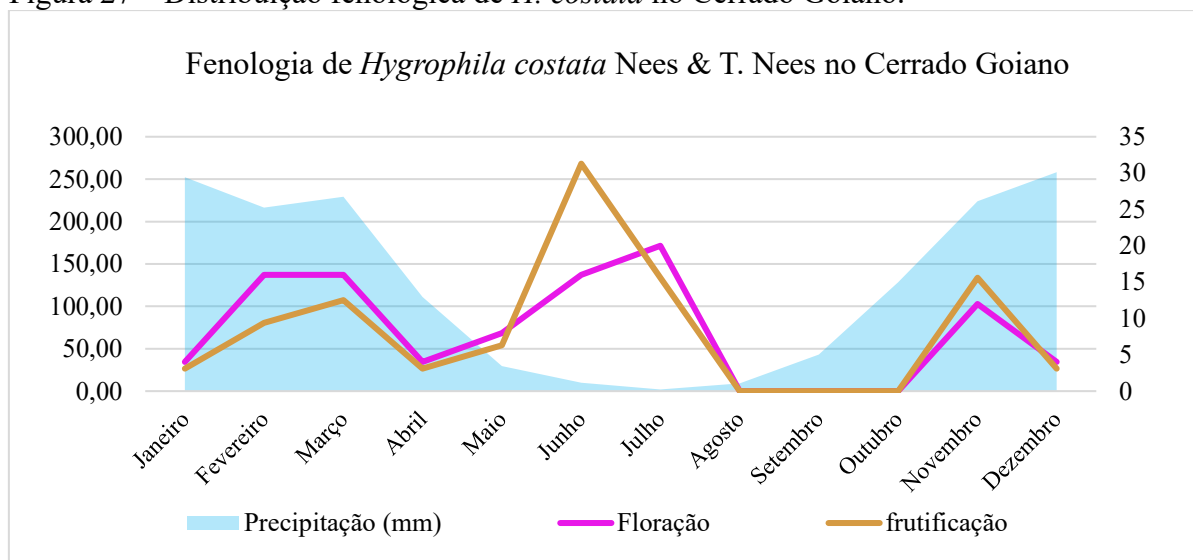
As espécies do gênero *Hygrophila* que ocorrem no estado de Goiás estão sujeitas a intensas flutuações hídricas ao longo do ano, o que pode influenciar diretamente seus ciclos de floração e frutificação. A análise fenológica dessas espécies pode não apenas identificar padrões adaptativos às condições sazonais, mas também estabelecer parâmetros para a conservação de áreas úmidas e para o entendimento de interações ecológicas fundamentais em ambientes aquáticos tropicais. Os padrões fenológicos observados para *Hygrophila costata* e *Hygrophila guianensis*, são apresentados na Figura 26 e Figura 27.

Figura 26 – Distribuição fenológica de *H. guianensis* no Cerrado Goiano.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 27 – Distribuição fenológica de *H. costata* no Cerrado Goiano.



Fonte: O autor, 2024.

A análise comparativa entre os gráficos fenológicos de *H. guianensis* e *H. costata* no Cerrado goiano demonstra que ambas as espécies apresentam padrões reprodutivos relacionados à sazonalidade hídrica, todavia com diferenças marcantes em seus picos fenológicos. *H. guianensis* exibe um padrão bifenológico, com floração e frutificação concentradas principalmente nos meses de março e julho, o que reflete uma estratégia reprodutiva ancorada nas transições entre as estações seca e chuvosa. Por outro lado, *H. costata* apresenta picos reprodutivos proeminentes em junho e novembro, coincidindo com os momentos de maior precipitação, o que pode indicar uma performance evolutiva em ambientes com disponibilidade hídrica elevada e estável durante seus ciclos fenológicos.

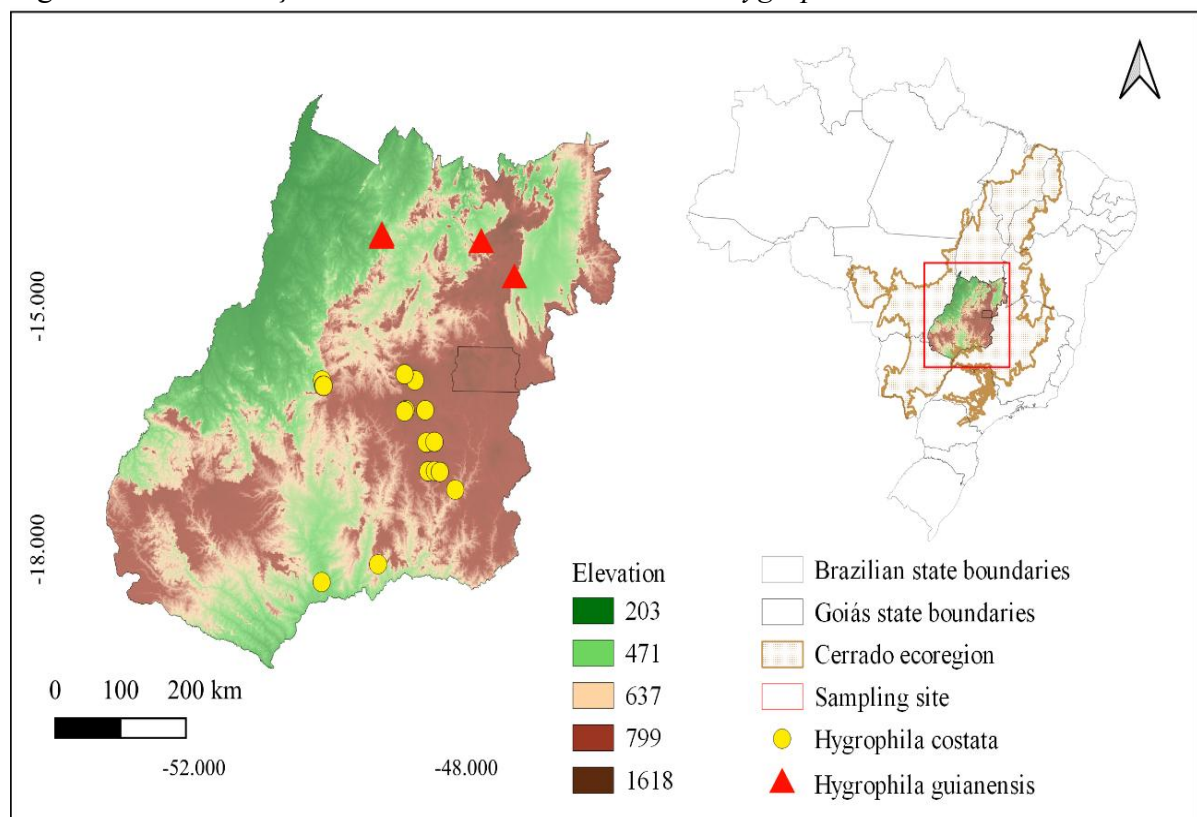
As variações entre as duas espécies indicam estratégias adaptativas distintas entre duas espécies do mesmo gênero, sugerindo níveis diferentes de plasticidade ecológica frente às flutuações climáticas do bioma Cerrado. A sincronia entre as fenofases reprodutivas de *H. costata* com os períodos de maior pluviosidade pode representar uma dependência maior das chuvas para o seu sucesso reprodutivo. *H. guianensis* aparenta tolerar amplitudes maiores no regime hídrico, o que poderia favorecer sua ocorrência em habitats mais diversos.

Essa diferenciação fenológica entre as duas espécies do mesmo gênero não apenas reforça a importância de abordagens específicas na conservação de áreas úmidas, mas também contribui para o entendimento da ecologia funcional das espécies aquáticas em ambientes sazonalmente secos, como os do Cerrado brasileiro.

4.2.2 Distribuição das ocorrências de *Hygrophila* no Cerrado Goiano.

O mapeamento da ocorrência das espécies de *Hygrophila* (Figura 28) contribui para a compreensão da ecologia espacial destas espécies fornecendo subsídios importantes para estratégias de conservação em habitats hídrico-dependentes do bioma Cerrado.

Figura 28 - Distribuição das ocorrências conhecidas de *Hygrophila* no estado de Goiás.



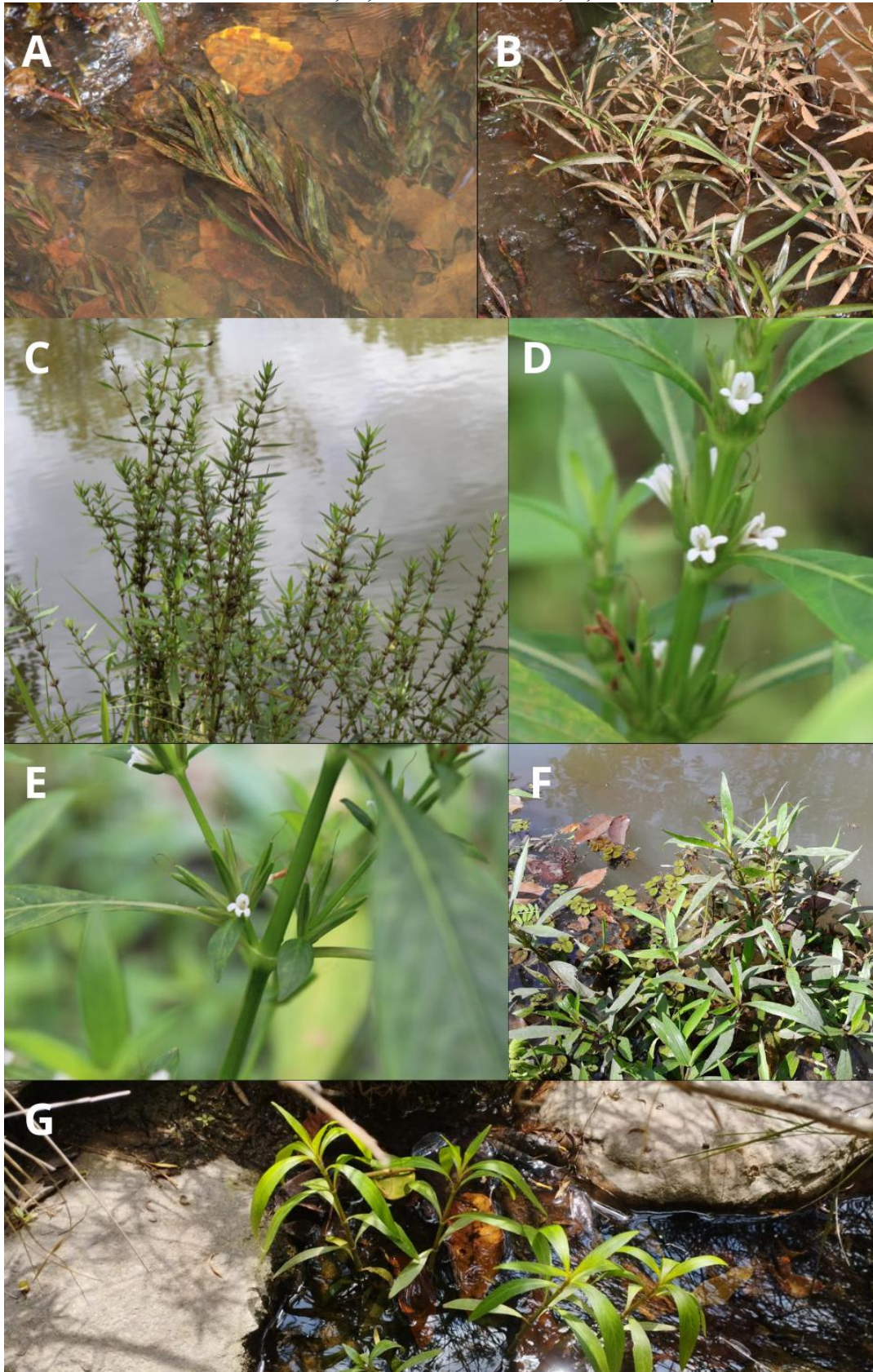
Fonte: O autor, 2024.

A distribuição espacial das espécies mostra que *H. guianensis* (Figura 28) ocorre principalmente em áreas de menor altitude, predominantemente abaixo dos 471 metros, distribuindo-se nas regiões centro-sul e sudoeste do estado de Goiás, compatíveis com áreas mais planas e potencialmente úmidas por maiores períodos. Já *H. costata* (Figura 28) apresenta distribuição mais ampla, ocupando desde baixadas até regiões de relevo intermediário, com altitudes variando entre 471 e 799 metros, distribuindo-se nas regiões centro-sul e sudoeste do estado de Goiás.

Os dados de distribuição espacial das espécies reforçam a diferenciação ecológica entre as duas espécies. A ocorrência de *H. guianensis* em cotas altimétricas mais baixas pode estar relacionada à sua dependência por ambientes permanentemente alagados ou com maior estabilidade hídrica, enquanto *H. costata*, apresenta ampla distribuição altitudinal, o que indica uma maior tolerância às variações topográficas e consequentemente hídricas. Essa diferenciação espacial, integrada às análises fenológicas, sugere estratégias complementares de ocupação ecológica, o que pode representar mecanismos de particionamento de nicho entre as duas espécies. Todavia a elucidação destes questionamentos requer análises específicas que depende primariamente da redução da lacuna amostral destas espécies no Cerrado.

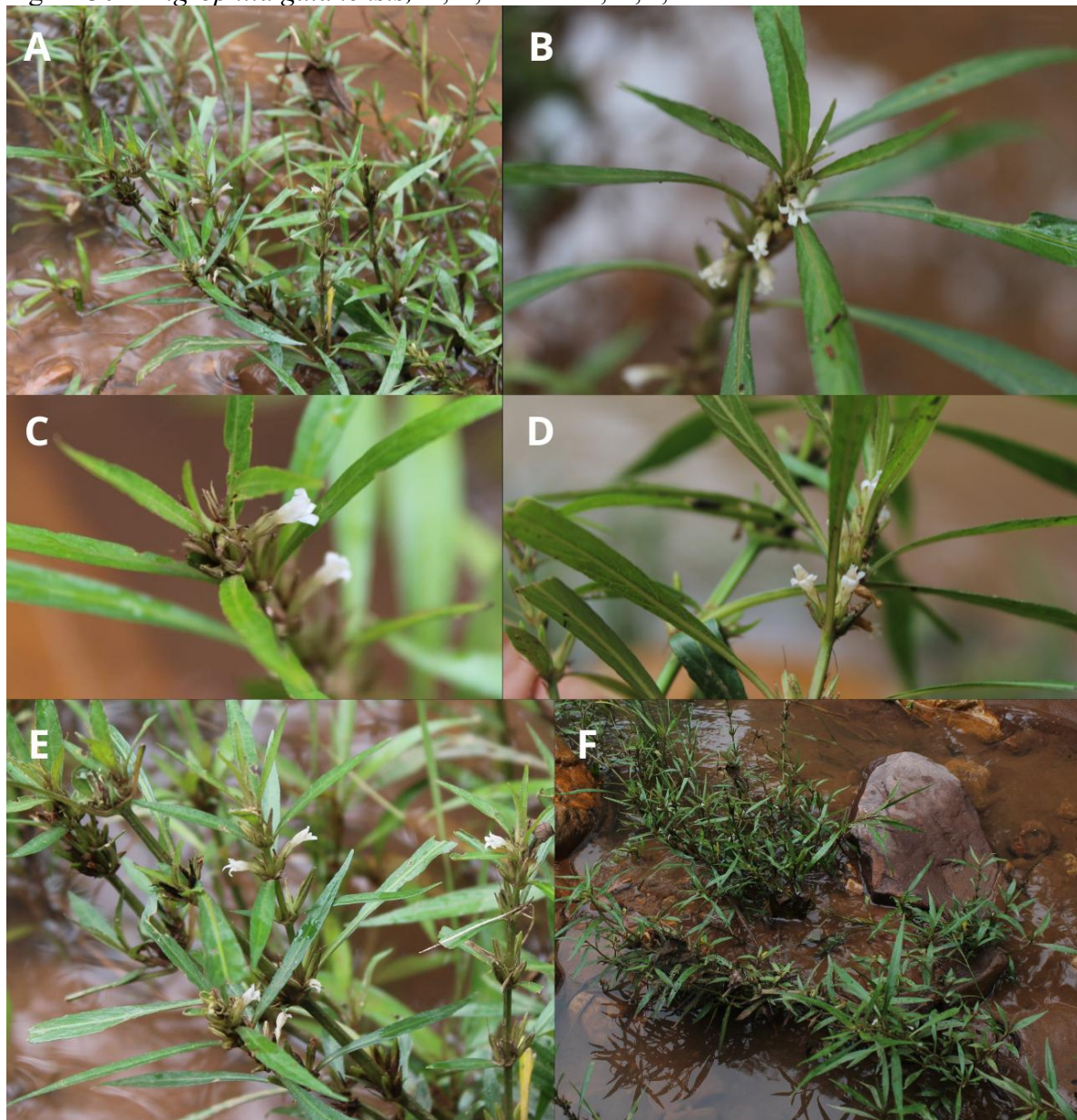
4.3 PRANCHAS FOTOGRÁFICAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 29 – *Hygrophila costata*, A: Hábito submerso da espécie; B: *H. costata* com folhas rubras; C: Hábito emerso; D, E: Inflorescência; F, G: Hábito palustre.



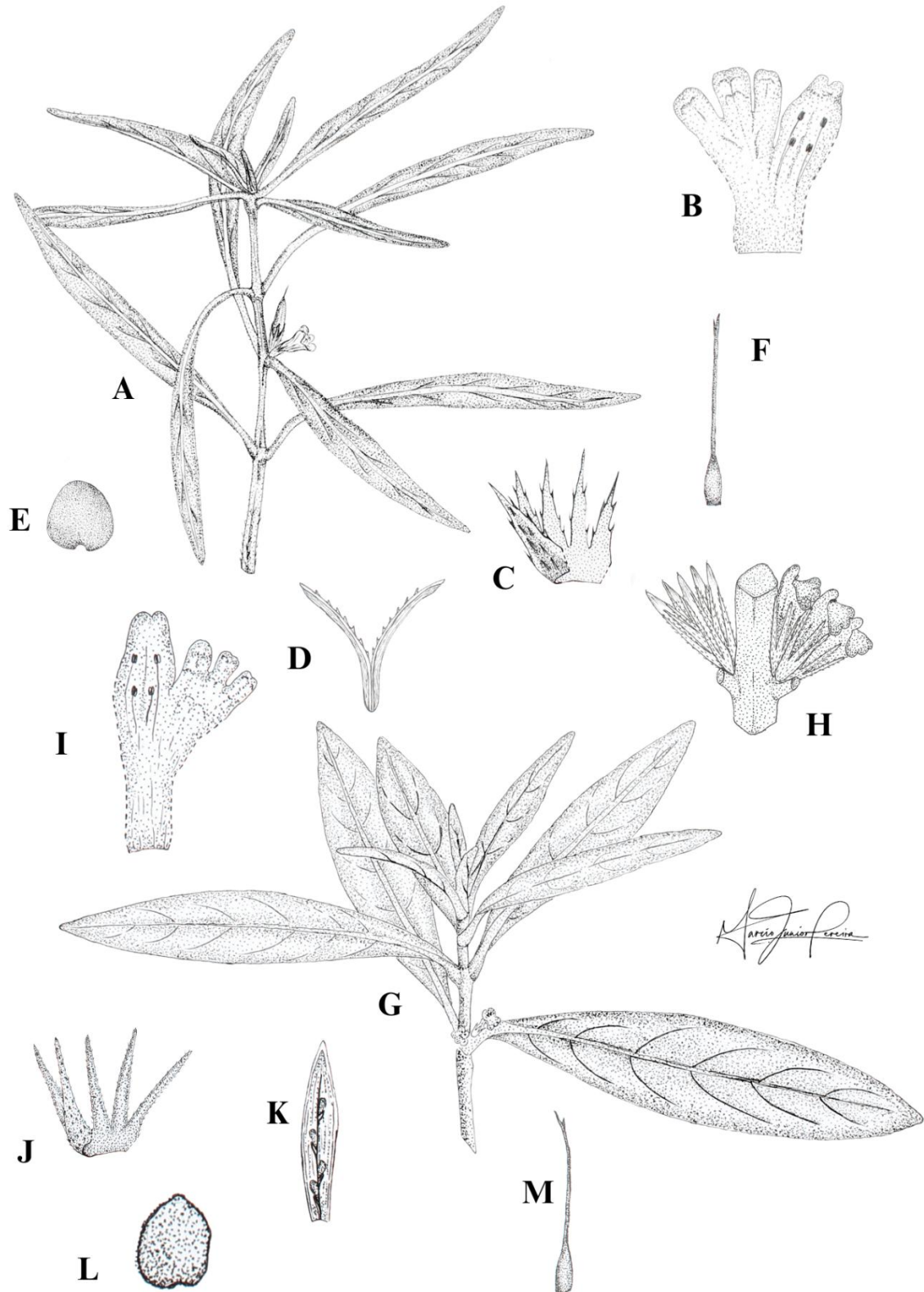
Fonte: A, B: Sartin, 2023; F: Silva-Neto, 2024; C,D,E,G: O autor, 2024.

Figura 30 – *Higrophila guianensis*, A, E, F: Hábito; B,C,D: Inflorescência.



O autor, 2024.

Figura 31 – A-F *Hygrophila guianensis*; A: Hábito; B: Corola dissecada; C: Cálice dissecado evidenciando os prolongamentos epidérmicos; D. Fruto em deiscência; E. Semente; F: Gineceu. G-M *Hygrophila costata*; G: Hábito; H: Inflorescência; I: Corola dissecada; J: Cálice dissecado; K: Vista da parte interior da cápsula com retináculos prendendo as sementes; L: Semente; M: Gineceu.



Fonte: O autor, 2025.

4.4 ANÁLISES POLÍNICAS

A morfologia polínica tem se mostrado uma ferramenta altamente eficaz na identificação, diferenciação e delimitação de espécies vegetais, especialmente para grupos com morfologia semelhante, nos quais os caracteres como número de colpos, simetria, ornamentação da exina e padrão da sexina são estáveis e frequentemente diagnósticos, permitindo distinções taxonômicas consistentes (Silva et al., 2019; Souza et al., 2022). Para *Hygrophila* as análises palinológicas tem se mostrado uma ferramenta taxonômica indispensável (Monteiro et al. 2023).

Chave de identificação para os grãos de pólen de *Hygrophila* no estado de Goiás

- 1. Grãos com quatro colpos oblatos; ornamentação da superfície perfurada heterorreticulada; sexina reticulada irregular.....*Hygrophila costata*
- 1'. Grãos com três a quatro colpos, esferoidais; ornamentação da superfície heterorreticulada; sexina granulada.....*Hygrophila guianensis*

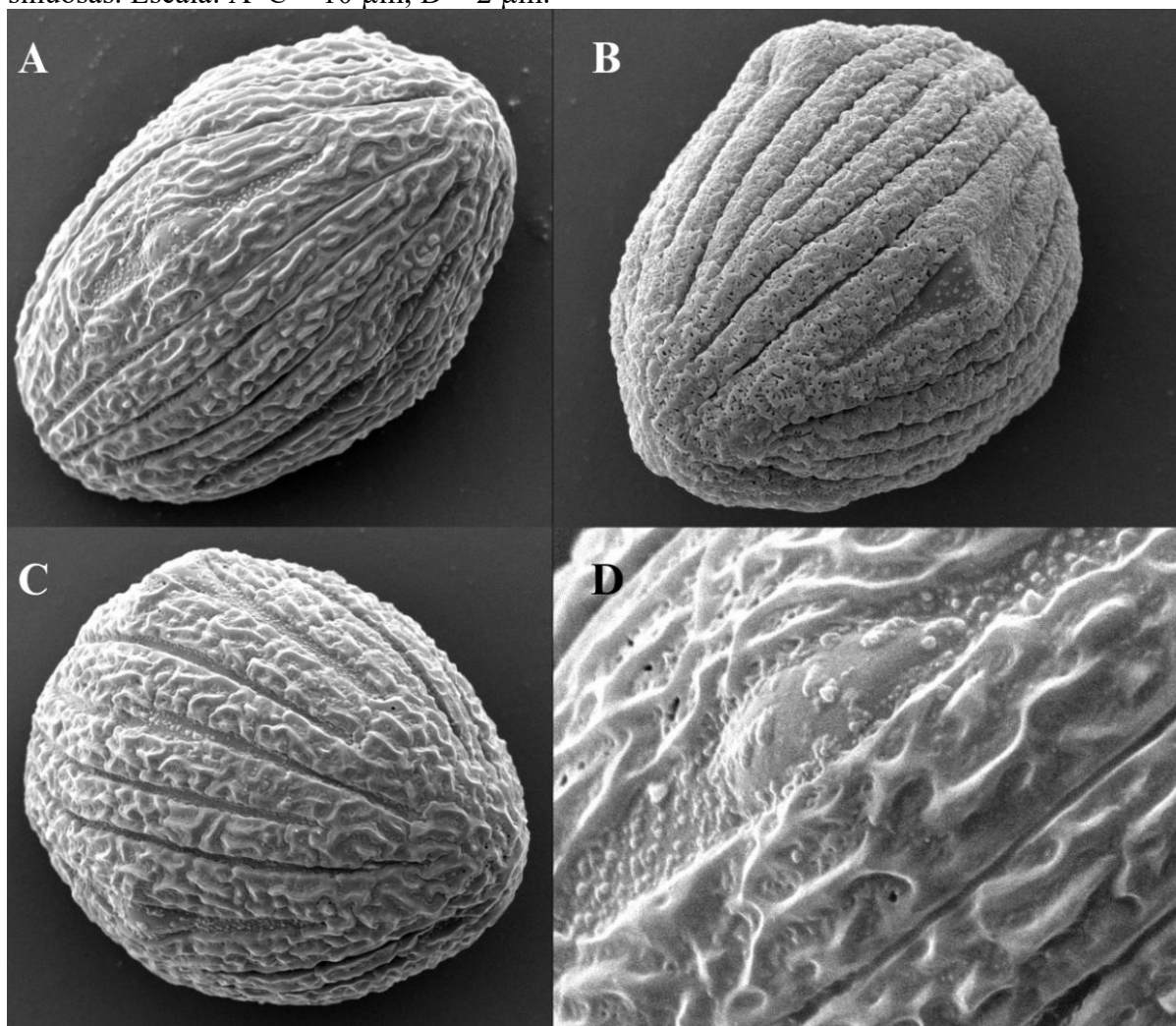
Tabela 7 – Diagnose dos caracteres palinológicos das espécies de *Hygrophila* ocorrentes no estado de Goiás.

Características	<i>Hygrophila costata</i>	<i>Hygrophila guianensis</i>
Número de colpos	4	3–4
Forma em vista polar	Orbicular a subcircular	Orbicular a circular
Ornamentação da exina	Perfurada-heterorreticulada	Heterorreticulada
Padrão da sexina	Reticulada irregular	Granulada
Textura superficial	Esponjosa, com malhas e perfurações	Compacta, com granulações
Variação apertural intraespécies	Ausente (fixa em 4-colpado)	Presente (3–4-colpado)
Potencial diagnóstico	Elevado (colpos fixos + sexina reticulada)	Elevado (granulação + variação apertural)

Fonte: O autor, 2025.

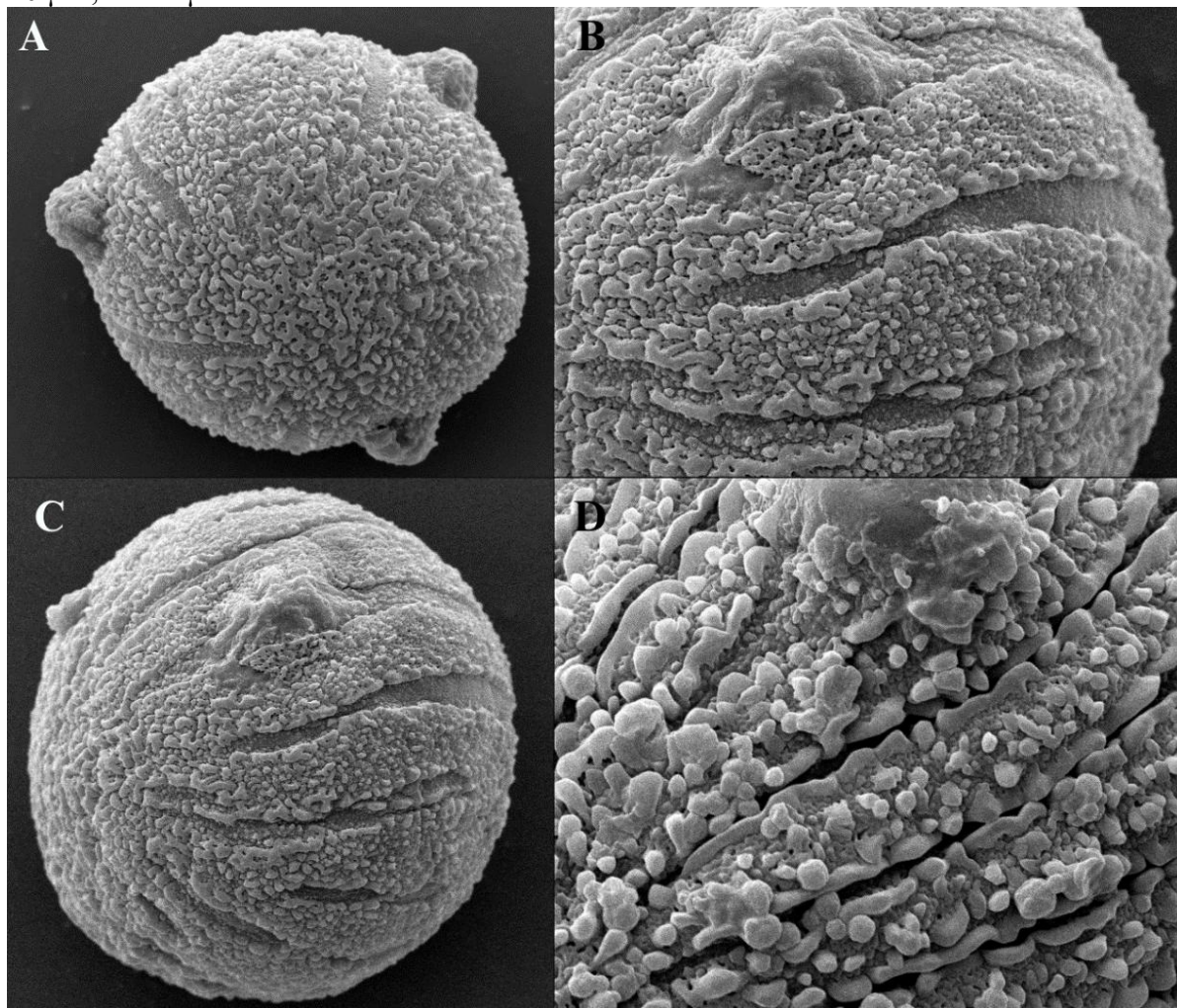
Os grãos de pólen de *Hygrophila costata* (Figura 32) apresentam quatro colpos, com forma subcircular em vista polar, ornamentação perfurada-heterorreticulada e a sexina é reticulada irregular. Já os grãos de pólen de *Hygrophila guianensis* (Figura 33) podem apresentar três ou quatro colpos, com forma circular em vista polar e ornamentação heterorreticulada com a sexina é caracterizada pela presença de grânulos, o que os distingue dos grãos de *H. costata*.

Figura 32 - Micrografias eletrônicas de varredura (MEV) dos grãos de pólen de *Hygrophila costata*. A: Vista equatorial evidenciando grão alongado, simétrico, com colpos proeminentes; B: Vista equatorial lateral apresentando textura esponjosa e projeções longitudinais da sexina. C: Vista polar mostrando estrutura orbicular-subcircular, com quatro colpos dispostos radialmente; D: Ampliação da ornamentação detalhando a sexina com padrão perfurado-heterorreticulado, composto por malhas irregulares e depressões interconectadas por cristas sinuosas. Escala: A–C = 10 μm ; D = 2 μm .



Fonte: Análise realizada pelo Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução da Universidade Federal de Goiás LabMic/UFG, 2025.

Figura 33 - Micrografias eletrônicas de varredura (MEV) dos grãos de pólen de *Hygrophila guianensis* A. Vista polar evidenciando grão orbicular-circular com três a quatro colpos; B: Vista equatorial com exina espessa e projeções colpadas visíveis ao longo do eixo longitudinal; C: Vista oblíqua destacando a textura superficial compacta e o contorno regular do grão; D: Ampliação da ornamentação detalhando a sexina, com padrão heterorreticulado e presença de granulações densas, conferindo aparência granulada à superfície. Escala: A–C = 10 μ m; D = 2 μ m.



Fonte: Análise realizada pelo Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução da Universidade Federal de Goiás LabMic/UFG, 2025.

4.3.1 Delimitação específica das espécies de *Hygrophila* do Cerrado Goiano pelos caracteres palinológicos

As análises palinológicas realizadas em comparação com os resultados encontrados por Monteiro et al. (2023), sustentam que *Hygrophila costata* e *H. guianensis* apresentam caracteres polínicos distintos que reafirmam sua delimitação taxonômica. Ambos os resultados reconhecem a importância de caracteres como a forma e ornamentação da sexina, número de colpos como critérios diagnósticos de elevado valor sistemático.

Na presente pesquisa, *H. costata* apresentou grãos de pólen com ornamentação perfurada-heterorreticulada e colpos fixos (4), enquanto *H. guianensis* apresentou ornamentação heterorreticulada com superfície densamente granulada e variação intraespecífica no número de colpos (3–4), corroborando parcialmente os dados de Monteiro et al. (2023), que descrevem sexina reticulada simples em *H. costata* e reticulada incompleta em *H. guianensis*.

Apesar da variação intraespecífica nos resultados das análises palinológicas e em relação aos dados de Monteiro et al. (2023), as distinções palinológicas sustentam a não sinonímia entre essas espécies, como já defendido por Monteiro et al. (2020), contrariando autores que as tratavam como táxons coespecíficos (Furness, 1994; Daniel, 1995).

As variações dentro de *Hygrophila*, são extensas e apesar do reduzido número de espécies brasileiras, análises filogenéticas certamente auxiliaram na compreensão e delimitação específica. Todavia o uso da palinologia como ferramenta diagnóstica na sistemática de Acanthaceae, incluindo do gênero *Hygrophila*, que apresenta alta plasticidade morfológica vegetativa, é altamente relevante.

5 CONCLUSÃO

Os dados apresentados neste capítulo evidenciam a complexidade ecológica e taxonômica entre *Hygrophila guianensis* e *H. costata* no Cerrado goiano. A distribuição espacial diferenciada entre as espécies, associada às variações altimétricas, sugere estratégias ecológicas distintas e possivelmente complementares, apontando para mecanismos de particionamento de nicho.

Essa interpretação é reforçada pelas análises fenológicas e palinológicas, que destacam caracteres diagnósticos consistentes e relevantes para a delimitação taxonômica dos táxons.

5 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

Os resultados obtidos nesta pesquisa reafirmam a eficácia das análises palinológicas como ferramenta complementar para a delimitação taxonômica de espécies do gênero *Hygrophila* no estado de Goiás. A distinção entre *H. costata* e *H. guianensis*, sustentada por caracteres polínicos como a ornamentação da sexina e o número de colpos, corrobora amplamente os dados apresentados por estudos anteriores, reforçando a validade da separação

entre essas espécies. Ainda que haja variação intraespecífica, sobretudo em *H. guianensis*, as diferenças observadas refutam a sinonímia anteriormente proposta por alguns autores e sustentam o posicionamento de Monteiro et al. (2020, 2023) quanto à autonomia taxonômica dos táxons.

Diante da reconhecida plasticidade morfológica do grupo e da limitada representatividade de espécies brasileiras, destaca-se a relevância de estudos filogenéticos aliados a abordagens morfológicas, palinológicas e fitoquímicas para o avanço da sistemática de *Hygrophila*. Os resultados fitoquímicos obtidos, ainda que preliminares, também demonstram potenciais diagnósticos adicionais que merecem ser explorados em investigações futuras, ampliando o escopo interpretativo sobre a delimitação e evolução destas espécies.

O estudo taxonômico de *Hygrophila* no Cerrado goiano contribui significativamente para o conhecimento da flora regional, em um dos biomas mais ameaçados do Brasil. A identificação e delimitação de *H. costata* e *H. guianensis*, com base em dados integrados, reforçam o papel fundamental da taxonomia aplicada na conservação da biodiversidade. A confirmação de características diagnósticas, mesmo diante de variações morfológicas intraespecíficas, evidencia a importância de abordagens analíticas múltiplas para evitar erros de sinonímia, com implicações diretas em estratégias de conservação.

A redescoberta de *Hygrophila humistrata* no Cerrado goiano discutida no primeiro capítulo, reforça a importância estratégica da taxonomia integrada para a compreensão da diversidade oculta em regiões biodiversas, porém historicamente subamostradas. Juntas, essas abordagens revelam que o gênero *Hygrophila*, embora representado por poucas espécies no Brasil, abriga táxons com complexidade morfológica, potencial endemismo e histórico taxonômico instável.

Além de enriquecer a compreensão sistemática da família Acanthaceae, os dados apresentados fortalecem os alicerces para iniciativas de conservação efetiva no Cerrado, especialmente em áreas úmidas, que materializam habitats altamente sensíveis à degradação e de grande importância para a manutenção da diversidade regional. Ao reconhecer e delimitar espécies negligenciadas ou mal compreendidas, a taxonomia aplicada torna-se não apenas um instrumento científico, mas também uma ferramenta essencial para o planejamento ambiental e para a formulação de políticas públicas eficazes. Assim, o conjunto dos capítulos desta dissertação destaca o papel transformador da pesquisa interdisciplinar na valorização da biodiversidade brasileira.

5 REFERENCIAS

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327484456_Identification_of_Essential_Oil_Components_by_Gas_ChromatographyMass_Spectrometry. Acesso em: 15 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Farmacopeia Brasileira. 6. ed. Brasília: Anvisa, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/disponivel-6-edicao-da-farmacopeia-brasileira>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BERA, S.; DAS, S.; ROY, A. Ethnobotanical study of Kulekhara (*Hygrophila auriculata*) — a review. SATSA Mukhapatra—Annual Technical Issue, v. 21, p. 232-234, 2017.

BIBU, K. J.; JOY, A. D.; MERCEY, K. A. Therapeutic effect of ethanolic extract of *Hygrophila spinosa* T. Anders on gentamicin-induced nephrotoxicity in rats. Indian Journal of Experimental Biology, v. 48, n. 9, p. 911-917, 2010.

BREMEKAMP, C. E. B. Subdivision of the Acanthaceae: delimitation and reclassification. Bulletin of the Botanical Survey of India, v. 7, n. 1-4, p. 21-30, 1965.

BROWN, R. Prodrum florae Novae Hollandiae et insulae Van-Diemen, exhibens characteres plantarum quas annis 1802-1805. Londres: Richard Taylor & Son, 1810.

BUSTAMANTE, M. M. D. C. et al. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. Brazilian Journal of Biology, v. 72, p. 655-671, 2012.

CHOU, Sin Chan; LYRA, André de Arruda; RODRIGUES, Daniel C.; PILOTTO, Ingrid; GOMES, João L.; REGOTO, Priscila; TAVARES, Pedro da Silva. Mudanças climáticas no Cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Mudanças climáticas e seus impactos no Brasil: cenários e estratégias de adaptação. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2024. p. 213–230.

COSTA, Tatiane da Silva Almeida; ALVES, Rafaela de Barros das Neves; SILVA, Dayane Barbosa da; VIEIRA, Renato Fernando. Manual de curadores de germoplasma vegetal: caracterização química de metabólitos secundários em germoplasma vegetal. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/910419?mode=full>. Acesso em: 15 jun. 2025.

DANIEL, Thomas Franklin. Acanthaceae. In: BREEDLOVE, Dennis Eugene (ed.). *Flora of Chiapas*. v. 4. San Francisco: California Academy of Sciences, 1995. p. 1–158.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). Banco de dados geográficos do Exército. Versão 3.0. 2013. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

DURIGAN, Giselda; PILON, Natashi A. L.; ASSIS, Geissianny B.; SOUZA, Flaviana M.; BAITELLO, João B. *Plantas pequenas do Cerrado: biodiversidade negligenciada*. São Paulo: Instituto Florestal, 2018. Disponível em: <https://www.escoladebotanica.com.br/post/livro-plantas-pequenas-cerrado>. Acesso em: 15 jun. 2025.

FELIPPE, Gilberto; MACEDO, Maria Cecília Duarte. *Amaro Macedo: o solitário do Cerrado*. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2009.

FERNANDES, Fabiana; FREDERICO, Silvia; PEREIRA, Luana Alves. A ameaça ao Cerrado: impactos ambientais e sociais da conversão de paisagens nativas. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 5, p. 45–60, 2019.

FERNANDES, Ulisses Gomes; BIDERMAN, Diogo; SOUZA, Yasmim Cândido de; HONORATO, Tayná; MELO, Fabiola Guimarães; OLIVEIRA, Carine Gonçalves de; SALES, Cléverson Machado; DILLON, Michael O.; TRIPP, Erin A. Novelties in *Ruellia* (Acanthaceae) for the Brazilian Cerrado. *Systematic Botany*, v. 49, n. 1, p. 1–36, 2024.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Dados sobre a biodiversidade do Cerrado. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://florabrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

FRANCO, Daiana P.; PEREIRA, Thiago M.; VITÓRIO, Felipe; NADURA, Nathalia F.; LACERDA, Renata B.; KÜMMERLE, Arthur E. A importância das cumarinas para a química medicinal e o desenvolvimento de compostos bioativos nos últimos anos. *Química Nova*, v. 44, n. 2, p. 180–197, 2021.

FRANCK, Alan R.; DANIEL, Thomas Franklin. *Acanthaceae do Brasil e México: centros de diversidade taxonômica*. *Annals of Botany*, v. 115, p. 123–134, 2015.

FURNESS, Carol Anne. The pollen morphology of *Hygrophila* and *Brillantaisia* (Acanthaceae: Ruellieae). *Acta Botanica Gallica*, v. 141, n. 2, p. 267–278, 1994.

GITELSON, Anatoly A.; KAUFMAN, Yoram J.; MERZLYAK, Mark N. Uso de canal verde em sensoriamento remoto da vegetação global do EOS-MODIS. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, v. 58, n. 3, p. 289–298, 1996. GNANAVEL, V.; VELUCHAMY, P.; ANAND, P. R. Phytochemical and pharmacological importance of plant secondary metabolites in modern medicine. In: *Bioorganic Phase in Natural Food: An Overview*. Springer, 2018.

HARRIS, James G.; HARRIS, Melinda W. Plant identification terminology: an illustrated glossary. 2. ed. Payson: Spring Lake Publishing, 2001.

HARVEY, Y. B.; WASSHAUSEN, Dieter Carl. Acanthaceae. In: STANNARD, B. L. (ed.). *Flora of the Pico das Almas: Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. Kew: Royal Botanic Gardens, 1995. p. 112–114.

HEINE, Hermann Heino. Revision of the genus *Hygrophila* (Acanthaceae). *Adansonia*, v. 11, p. 657–672, 1971.

HUSSAIN, Mohammad Shoaib; AZAM, Faheem; AHAMED, Khalid Farhan; RAVICHANDIRAN, Venkatesan; ALKSKAS, Ibrahim. Anti-endotoxin effects of terpenoids fraction from *Hygrophila auriculata* in lipopolysaccharide-induced septic shock in rats. *Pharmaceutical Biology*, v. 54, n. 4, p. 628–636, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Inventários da biodiversidade do bioma Cerrado: biogeografia de plantas. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Municipal do Brasil – versão 2022. IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html>. Acesso em: 15 jun. 2025.

JEBAMALAI, Suresh Kumar; RAMACHANDRAN, Nirmala; ARUMUGAM, Venkatraman. Phytochemical and antimicrobial studies on *Hygrophila auriculata* Schumach. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, v. 8, n. 12, p. 23–

31, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.20546/ijcrbp.2021.812.004>. Acesso em: 15 jun. 2025.

KAMEYAMA, Cíntia. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Acanthaceae. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, p. 181–206, 1995.

KAMEYAMA, Cíntia. Flora de Grão-Mogol, Minas Gerais: Acanthaceae. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, v. 21, n. 1, p. 51–53, 2003.

KANHERE, Rupesh; ANJANA, Ashwini; ANBU, Jayaraman; SUMITHRA, Mohan; KFH, Nazeer Ahamed. Neuroprotective and antioxidant potential of terpenoid fraction from *Hygrophila auriculata* against transient global cerebral ischemia in rats. *Pharmaceutical Biology*, v. 51, n. 2, p. 181–189, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.716851>. Acesso em: 15 jun. 2025.

KARTHIKEYAN, S.; MOHAN, V. R.; MURUGESAN, M.; SINGH, P. Acanthaceae of India: diversity and distribution. New Delhi: Botanical Survey of India, 2009.

KEW, Royal Botanic Gardens. Estratégia Global para a Conservação das Plantas (GSPC). Convention on Biological Diversity, 2002. Disponível em: <https://www.cbd.int/gspc/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

KIEL, Carrie A.; DANIEL, Thomas F.; MCDADE, Lucinda A. Diversidade da família Acanthaceae. *Taxon Journal*, v. 67, p. 345–360, 2018.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.

KUMAR, Dinesh; ARYA, Vikrant; KAUR, Ranjeet; BHAT, Zulfiqar Ali; GUPTA, Vivek Kumar. A review of immunomodulators in the Indian traditional health care system. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, v. 47, n. 4, p. 253–259, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2011.09.030>. Acesso em: 15 jun. 2025.

LINDAU, Gustav. Über die natürliche Verwandtschaft der Acanthaceen. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, v. 19, p. 1–35, 1895.

MANZITTO-TRIPP, E.; et al. Revised classification of Acanthaceae and worldwide dichotomous keys. *International Journal of Botany*, v. 130, p. 789–802, 2022.

Monteiro, F.K.S. *Hygrophila* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB4135>>. Acesso em: 15 jun. 2025

MAPBIOMAS. Coleção 8 – Mapeamento anual da cobertura e uso do solo no Brasil. MapBiomias Brasil, 2025. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-8/>>. Acesso em: 15 jun. 2025.

MATOS, F. J. A. Prospecção fitoquímica: métodos de análise de metabólitos secundários. Fortaleza: Editora UFC, 2009. Disponível em: <https://www.sncticet.ufam.edu.br/2019/downloads/sessao6/sessao6-apresentacao1-artigo.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular do bioma Cerrado: checklist com ênfase em espécies raras, endêmicas e ameaçadas. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação, p. 423–442, 2008.

MITTERMEIER, Russell A. et al. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Mexico City: CEMEX, 2005. 392 p. ISBN 9686397779.

MCDADE, L. A.; MOODY, M. L.; SCHNEIDER, H. Phylogenetic relationships among Acanthoideae (Acanthaceae): insights from molecular and morphological data. *Systematic Botany*, v. 25, n. 4, p. 834-862, 2000.

MCDADE, L. A.; FRANCK, A. R.; DANIEL, T. F. Evolução e taxonomia das Acanthaceae. *Botanical Review*, v. 81, p. 214-230, 2015.

MONTEIRO, F. K. da S. et al. Nomenclatural updates in *Dyschoriste* and *Hygrophila* (Acanthaceae). *Phytotaxa*, v. 453, n. 2, p. 130–136, 2020.

MONTEIRO, F. K. da S.; BURIL, M. T.; MELO, J. I. M. de. Pollen morphology of the Brazilian species of *Dyschoriste* Nees and *Hygrophila* R.Br. (Ruellieae, Acanthaceae) and its taxonomic significance. *Grana*, 2023.

MONTEIRO, Julio Marcelino; ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; ARAÚJO, Elcida de Lima; AMORIM, Elba Lúcia Cavalcanti de. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. *Química Nova*, v. 28, n. 5, p. 892–896, 2005.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library – NIST '98 ASCII Version. Gaithersburg: NIST, 1998.

Disponível em: <https://www.nist.gov/publications/nist-1-nistepanlh-mass-spectral-librarynist-98-ascii-version>. Acesso em: 15 jun. 2025.

NEES VON ESENBECK, C. G. Acanthaceae. In: CANDOLLE, A. (Ed.). *Prodomus Systema Naturalis*, v. 11. Paris: Masson, 1847.

OLIVEIRA, G.; AKISUE, G.; AKISUE, M. *Farmacobotânica aplicada*. São Paulo: Editora Varela, 1998.

OLIVEIRA, G.; AKISUE, G. *Morfologia e anatomia vegetal aplicada à farmacobotânica*. São Paulo: Editora Varela, 2003.

PATON, Alan. *Estratégia Global para a Conservação de Plantas*. Botanic Gardens Conservation International, 2008. Disponível em: https://www.bgci.org/files/All/Key_Publications/gspc_portugues.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

PATRA, Arjun; MURTHY, P. Narasimha; JHA, Shivesh; SAHU, Alakh N.; ROY, Devdeep. Analgesic and antimotility activities of leaves of *Hygrophila spinosa* T. Anders. *Pharmacologyonline*, v. 2, p. 821–828, 2008a. Disponível em: https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2008/vol2/81_Patra.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.

PATRA, Arjun; MURTHY, P. Narasimha; JHA, Shivesh; AHER, Vaibhav D. Anthelmintic and antibacterial activities of *Hygrophila spinosa* T. Anders. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, v. 1, n. 4, p. 531–532, 2008b. Disponível em: <https://rjptonline.org/HTMLPaper.aspx?Journal=Research%20Journal%20of%20Pharmacy%20and%20Technology;PID=2008-1-4-107>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PATRA, Arjun; MURTHY, P. Narasimha; JHA, Shivesh; AHER, Vaibhav D.; CHATTOPADHYAY, Pronobesh; PANIGRAHI, Ghanshyam; ROY, Devdeep. Anti-inflammatory and antipyretic activities of *Hygrophila spinosa* T. Anders leaves (Acanthaceae). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, v. 8, n. 2, p. 133–137, 2009. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/tjpr/article/view/44521>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PRASANNA, M.; SRIDHAR, S. Studies on phytochemical screening, tannin content and their antibacterial activity of *Hygrophila auriculata* leaf extracts. *International Journal of Current*

Science, v. 19, n. 4, p. E140–E148, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343290371>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PEIXOTO, Ariane Luna; MAIA, Leonor Costa. Manual de procedimentos para herbários. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. (INCT – Herbário Virtual para a Flora e os Fungos).

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Amsterdam, v. 143, n. 1–2, p. 1–81, 2007.

RAJ, Vasanth P.; CHANDRASEKHAR, Raghu H.; VIJAYAN, P.; DHANARAJ, S. A.; RAO, Mallikarjuna C.; RAO, Venkata J.; NITESH, K. In vitro and in vivo hepatoprotective effects of the total alkaloid fraction of *Hygrophila auriculata* leaves. *Indian Journal of Pharmacology*, v. 42, n. 2, p. 99–104, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.4103/0253-7613.64500>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RAMESH, A.; PRAVEEN KUMAR, P.; SILVIA, N.; NARENDRA RAJU, J.; PRASAD, K. Spasmolytic and hypoglycemic effects of different fractions isolated from methanolic extract of whole plant of *Hygrophila auriculata* in Wistar albino rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v. 6, n. 1, p. 436–439, 2014. Disponível em: <https://www.innovareacademics.in/journals/index.php/ijpps/article/view/8182>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RASTOGI, Archit; SHANKAR, Srihari; MAHALINGAM, Gayathri. Phytochemical screening, anti-oxidant activity and in vitro anti-diabetic activity of aqueous, methanolic, ethanolic and chloroformic extracts of *Hygrophila auriculata*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v. 6, n. 5, p. 557–560, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265466319>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno M. Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *Jardim Botânico de Brasília*, v. 3, p. 121–140, 2008.

RIZZINI, Carlos Toledo. Sobre 40 gêneros das Acanthaceae brasileiras. *Rodriguésia*, v. 16/17, p. 9–54, 1954. Disponível em: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/178735>. Acesso em: 15 jun. 2025.

RIZZINI, Carlos Toledo. Notulae de Acanthaceis novis seu minus cognitiss. *Dusenias*, v. 7, n. 6, p. 300–301, 1956.

RODRIGUES, Ariane A.; MACEDO, Marcia N.; SILVÉRIO, Divino V.; MARACAHIPES, Leandro; COE, Michael T.; BRANDO, Paulo M.; SHIMBO, Julia Z.; RAJÃO, Raoni; SOARES-FILHO, Britaldo; BUSTAMANTE, Mercedes M. C. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology*, v. 28, n. 22, p. 6807–6822, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.16386>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SARTIN, Rodolph Delfino. O gênero *Justicia* L. (Acanthaceae) no estado de Goiás. 2015. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-09032016-141812/>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SILVA, C. I.; SOUZA, E. G.; SANTOS, F. A. R.; LORENZI, H. Morphological characterization of pollen grains of species of *Mimosa* L. (Leguminosae) from the Brazilian Cerrado. *Grana*, v. 58, n. 1, p. 1–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00173134.2018.1496796>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SOUZA, E. G. de; SILVA, C. I. da; SANTOS, F. A. R.; LORENZI, H. Pollen morphology and its taxonomic significance in *Vernonia* Schreb. (Asteraceae: Vernonieae) from Brazil. *Palynology*, v. 46, n. 1, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01916122.2021.1881724>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SCOTLAND, R. W.; VOLLESEN, K. Classification of Acanthaceae. *Kew Bulletin*, v. 55, p. 513–589, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/4118776>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SHARROCK, Sara; HOFT, Rüdiger; DIAS, Beatriz. Estratégia global de conservação e extinção de plantas. *Global Plant Conservation*, v. 10, p. 55–72, 2018.

SIMÕES, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. (Documentos, 316). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886074/1/documento316.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

SOARES, Sergio Eduardo. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71–81, jan./abr. 2002.

SPECIESLINK NETWORK. speciesLink: sistema distribuído de informações sobre coleções biológicas. Disponível em: <https://specieslink.net>. Acesso em: 15 jun. 2025.

THIERS. [continuamente atualizado]. Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

TRIPP, Erin A.; DARBYSHIRE, Iain. Phylogenetic relationships among Old World *Ruellia* L.: a new classification and reinstatement of the genus *Dinteracanthus* Schinz. *Systematic Botany*, v. 42, n. 3, p. 470–483, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1600/036364417X695961>. Acesso em: 15 jun. 2025.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat 9 – Coleção 2, Nível 1, Cena LC09_L1TP_222070_20240928_20240928_02_T1. USGS Landsat Missions, 2025. Disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2>. Acesso em: 15 jun. 2025.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, v. 11, p. 463–471, 1963. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X). Acesso em: 15 jun. 2025.

VIJAYAKUMAR, M.; GOVINDARAJAN, R.; RAO, G. M. M.; RAO, C. V.; SHIRWAIKAR, A.; MEHROTRA, S.; PUSHANGADAN, P. Action of *Hygrophila auriculata* against streptozotocin-induced oxidative stress. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 104, n. 3, p. 356–361, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.09.030>. Acesso em: 15 jun. 2025.

VILAR, Thaísa Sales. *Acanthaceae* Juss. no Distrito Federal, Brasil. 2009. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/4455>. Acesso em: 15 jun. 2025.

VOLLESEN, Kaj. *Acanthaceae*. In: BEENTJE, H. J.; GHAZANFAR, S. A. (Eds.). *Flora of Tropical East Africa*. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew, 2008. p. 1–286.

WASSHAUSEN, Dieter Carl. *Taxonomic studies in Acanthaceae*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution, 1969.

WASSHAUSEN, Dieter Carl; SMITH, Lyman Bradford. *Acantáceas*. In: REITZ, Raulino (ed.). *Flora Ilustrada Catarinense – ACAN*. Florianópolis: Herbário Barbosa Rodrigues, 1969. p. 1–134.