

CIÊNCIAS BOTÂNICAS:

Evolução e diversidade de plantas

Jesus Rodrigues Lemos
(Organizador)

2

CIÊNCIAS BOTÂNICAS:

Evolução e diversidade de plantas

Jesus Rodrigues Lemos
(Organizador)

2

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial**Ciências Biológicas e da Saúde**

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

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

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

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



Ciências botânicas: evolução e diversidade de plantas 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Jesus Rodrigues Lemos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências botânicas: evolução e diversidade de plantas 2 /
Organizador Jesus Rodrigues Lemos. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-963-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.636221402>

1. Botânica. 2. Plantas. I. Lemos, Jesus Rodrigues
(Organizador). II. Título.

CDD 580

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

Mais recentemente, o mundo tem cada vez mais se direcionado ao conhecimento da diversidade biológica do planeta e ficado em estado de alerta acerca da conservação dos seus elementos.

Neste sentido, torna-se mais contundente ainda a necessidade do conhecimento e do uso sustentável das plantas o que, a propósito, é contemplado neste e-book: “Ciências botânicas: Evolução e diversidade de plantas 2”.

Por questões de um raciocínio sequenciado deste título, foram trazidos inicialmente os capítulos abordando estudos relacionados a aspectos macroscópicos das plantas - e suas relações ecológicas na comunidade vegetal - seguidos de estudos com pesquisas aplicadas em nível molecular e celular.

Assim, o leitor terá a oportunidade de verificar e explorar possibilidades diversas de investigação com estes organismos fundamentais e indispensáveis na manutenção da vida no planeta: as plantas!

Desse modo, sem maiores delongas, estimo a todos a usufruírem ao máximo das informações aqui contidas.

Bom proveito!

Jesus Rodrigues Lemos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E REFÚGIOS DE DIVERSIDADE VEGETAL NAS SAVANAS SETENTRIONAIS BRASILEIRAS

Joxleide Mendes da Costa-Coutinho

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Leonardo Sousa Miranda

Antonio Alberto Jorge Farias Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6362214021>

CAPÍTULO 2..... 19

LEVANTAMENTO FLORÍSTICO DO COMPONENTE ARBUSTIVO-ARBÓREO DA APAM RIO MANSO, COUTO DE MAGALHÃES DE MINAS/MG

Vagner Guimarães dos Santos

Anne Priscila Dias Gonzaga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6362214022>

CAPÍTULO 3..... 38

DISSIMILARIDADE FLORÍSTICA ENTRE TRÊS FITOFISIONOMIAS DE CAATINGA

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Juliene de Sousa Santos

Ramon de Sousa Leite

Daiane de Moura Borges Maria

Mauro Alessandro Karasinski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6362214023>

CAPÍTULO 4..... 55

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO EXTRATO ETÍLICO DE *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse CONTRA MICRORGANISMOS PATOGÊNICAS

Ana Gabriela Alves Ramos Diniz

Adriana Dantas Gonzaga de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6362214024>

CAPÍTULO 5..... 60

ANÁLISIS CUALITATIVO DE POLIFENOLES POR ESPECTROFOTOMETRÍA INFRARROJA EN PLANTAS MEDICINALES DEL ESTADO DE TLAXCALA UTILIZADAS EN TRATAMIENTO DE CÁNCER

Yesenia Pérez García

Yolanda Del Ángel Vargas

Raquel García Barrientos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6362214025>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 75

ÍNDICE REMISSIVO..... 76

CAPÍTULO 1

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E REFÚGIOS DE DIVERSIDADE VEGETAL NAS SAVANAS SETENTRIONAIS BRASILEIRAS

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 08/01/2022

Joxleide Mendes da Costa-Coutinho

Universidade Federal do Piauí, CCBio/CPCE
Bom Jesus, Piauí
<https://orcid.org/0000-0003-1408-2230>

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0003-1575-1248>

Leonardo Sousa Miranda

Museu Paraense Emílio Goeldi
Belém, Pará
<https://orcid.org/0000-0001-6427-8157>

Antonio Alberto Jorge Farias Castro

Universidade Federal do Piauí
Teresina, Piauí
<https://orcid.org/0000-0002-2349-3843>

RESUMO: Mudanças climáticas aliadas a eventos antrópicos podem alterar a distribuição dos grupos biológicos e afetar a reorganização, estrutura, dinâmica e funcionamento dos ecossistemas e seus serviços. São mínimas as previsões dos impactos nas savanas brasileiras. Este estudo estimou os efeitos potenciais das mudanças climáticas na fitodiversidade periférica predizendo a distribuição de espécies do Cerrado. A fim de fortalecer estratégias de conservação na região do Cerrado Setentrional Brasileiro (CSB), foram aplicados procedimentos

de análise espacial e ferramentas de modelagem que pudessem prever a distribuição de espécies “marginais”. Através de ENM, o protocolo projetou respostas das ocorrências de dez espécies lenhosas com base em quatro algoritmos e quatro cenários futuros de mudança climática para o ano de 2050; identificou áreas de refúgio em potencial para ações de conservação; e evidenciou a vulnerabilidade da flora mediante a desproporção das potenciais áreas climáticas estáveis em meio às Unidades de Conservação (UCs) atuais. Observou-se falta de padrão entre os cenários, indicando diferentes impactos sobre as fitocomunidades e existência de desiguais condições estáveis alternativas, o que poderia trazer consequências sobre as relações ecológicas e funcionalidade das floras. Mesmo nos cenários mais pessimistas, a maioria das espécies delinearam expansão das áreas de ocorrência em potencial, suprimindo ou coabitando com espécies de biomas adjacentes. As plantas típicas marginais foram as mais sensíveis. A sobreposição dos habitats adequados apresenta sua maior parte conectada e se concentra no CSB. Estes combinados às áreas antropizadas e às UCs demonstram baixa eficácia futura na proteção dessas savanas, mediante os refúgios relictuais nos cenários modelados. Menos de 22% da área focal climaticamente estável encontra-se abrigada por UCs atualmente estabelecidas, indicando a necessidade de criação de UCs que considere os potenciais efeitos das mudanças no clima.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação; adequabilidade climática; cerrado marginal.

CLIMATE CHANGE AND PLANT DIVERSITY REFUGES IN BRAZILIAN NORTHERN SAVANNAS

ABSTRACT: Climate change coupled with anthropogenic events can alter the distribution of biological groups and affect the reorganization, structure, dynamics and functioning of ecosystems and their services. Despite this, predictions of impacts on Brazilian savannas are scarce. This study estimated the potential effects of climate change on peripheral plant diversity by predicting the distribution of species from Cerrado of Northern Brazil. Ecological niche modeling was used to provide present and future projections of responses in terms of occurrence of ten woody species based on four algorithms and four future climate change scenarios for the year 2050. Potential refuge areas for conservation actions were identified, and evidence of the vulnerability of the flora was demonstrated based on the disparity between potential areas of climate stability amid current protected areas. The results suggested a lack of pattern between the scenarios and an idiosyncratic response of the species, indicating different impacts on plant communities and the existence of unequal stable alternative conditions, which could bring consequences to the ecological relationships and functionality of the floras. Even in the most pessimistic scenarios, most species presented an expansion of potential occurrence areas, suppressing or cohabiting with species of adjacent biomes. Typically, marginal plants were the most sensitive. Overlapping adequate habitats are concentrated in the NBC. The analysis of habitats in relation to anthropized areas and PAs demonstrates low future effectiveness in the protection of these savannas, indicating the need to create PAs that consider the potential effects of climate change.

KEYWORDS: Conservation; climate suitability; marginal savanna.

1 | INTRODUÇÃO

As alterações nas condições climáticas do planeta correspondem a um processo cíclico natural entre o aquecimento, o resfriamento e pelas intensas atividades geológicas que a Terra passou, e que promovem diversos fenômenos e efeitos causadores de alterações nos sistemas biológicos e nas inter-relações ecológicas (Oliveira et al., 2017). Ações antropogênicas dos últimos 200 anos contribuem para condições nocivas, alterando as concentrações de gases e partículas na atmosfera (Oliveira et al., 2017; IPCC, 2018), e acelerando os processos ambientais, tornando-os críticos à muitas espécies.

Uma das principais preocupações da comunidade científica se refere ao aumento da temperatura média da superfície global, por ser o efeito imediatamente perceptível e relacionado com a biosfera. Durante o último século o aumento registrado foi de aproximadamente 0.87°C acima dos níveis pré-industriais (IPCC, 2014) e estima-se que atinja 1.5°C entre 2030 e 2052 (IPCC, 2018). Os efeitos estão sendo experimentados nas regiões em muitas escalas de tempo e de espaço. A média de aumento previsto na América do Sul é de 4°C, apontando maior frequência de eventos extremos no Brasil com efeitos mais intensos na região tropical (Amazônia e Nordeste) do Brasil (Nobre et al., 2008).

As transformações no clima desencadearam processos adaptativos nas

comunidades biológicas, levando à evolução, diversificação, dispersão e extinção ao longo da história das linhagens (Costa et al., 2012). O fato relevante é atentar aos efeitos sobre a biodiversidade, uma vez que estão associados a mudanças na distribuição, fenologia, calendário de migração, sucesso de nidificação e tamanhos populacionais. Portanto, investigar a resposta da biodiversidade às mudanças climáticas tornou-se um campo de pesquisa muito ativo (Bellard et al., 2012), incluindo assembleias animais (Ribeiro et al., 2018; Miranda et al., 2019) e vegetais (Siqueira; Durigan, 2007; Simões et al., 2019).

A interação biológica com o clima é observada nos padrões geofísicos de distribuição da vegetação, refletindo as diferentes zonas bioclimáticas (Salazar et al., 2007). Dentro das faixas climáticas da América do Sul, a Amazônia e o Cerrado são os biomas predominantes e largamente desmatados, levando ao agravamento das alterações climáticas, uma vez que a remoção da cobertura da vegetação leva a um clima regional mais quente e seco (Nobre et al., 2008). Contudo, apesar de algumas evidências de extinções atuais estarem correlacionadas às mudanças climáticas, estudos sugerem que os fenômenos climáticos poderiam superar a destruição de habitats como a maior ameaça global à vida nas próximas décadas (Pereira et al., 2010; Bellard et al., 2012).

Os estudos referentes às flutuações climáticas do Quaternário e à vegetação no Brasil confirmam que sucessivas expansões e retrações ocorreram entre florestas e savanas (Silva; Bates, 2002) que representam as principais tipologias de habitats do Brasil. Pesquisas na América do Sul tropical mostram o Brasil como uma região de conversão de quantidades significativas de florestas em áreas não florestais como resultado do aquecimento global (Sanaiotti et al., 2002; Salazar et al., 2007). Ademais, observações em campo e modelos numéricos indicam redução de áreas de cobertura florestal tropical (Rochedo et al., 2018; Gomes et al., 2019) que seriam substituídas por savanas (Salazar et al., 2007) e essa reorganização potencial da distribuição da biodiversidade pode afetar a estrutura, a dinâmica e funcionamento dos ecossistemas e suas respectivas contribuições (Gallagher *et al.*, 2013). Investigações sobre as representações espaço-temporais das espécies aumentaram nos últimos anos com o avanço das ferramentas de geoprocessamento e de modelagem de distribuição de espécies por ecologistas e gerentes de conservação, juntamente com a conscientização da necessidade de fornecer avaliações eficientes para as previsões dos modelos (Allouche et al., 2006).

Embora a avaliação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade brasileira seja crescente em todos os biomas, em especial àqueles predominantemente florestais e com maior riqueza de espécies e endemismo (Aleixo et al., 2010), são poucos os estudos que tentam prever os impactos em áreas não florestais (Siqueira; Peterson, 2003; Terribile et al., 2012). Os altos níveis de devastação ambiental já incluíram o Cerrado na lista dos “*hotspots*” de biodiversidade (Myers et al., 2000), ainda assim é mínima a atenção (científica e político-social) dada à posição marginal e disjunta das savanas do Norte e Nordeste, denominadas de atual fronteira agrícola brasileira. A despeito da sua

importância, aumenta-se a preocupação quanto à manutenção da biodiversidade e o entendimento das relações ecológicas entre as espécies locais, fato intensificado pelas projeções dos cenários climáticos. A fim de fortalecer estratégias de conservação nessa região de transição ecológica no centro-norte brasileiro (da Amazônia ao Sertão brasileiro), nesta pesquisa foram aplicados procedimentos de análise espacial e ferramentas de modelagem que pudessem prever a potencial distribuição de espécies “marginais” (dispostas à margem do Bioma) e extrapolar à extensão de ocorrência do bioma Cerrado nesse “*subhotspot*” ecotonal.

Com base em variáveis físico-ambientais (mapas temáticos) e biológicas (ocorrência de espécies) do momento presente, foram aplicados algoritmos com o intuito de modelar o nicho fundamental e a área potencial de ocorrência das espécies. Destaca-se as seguintes perguntas nesse estudo: Com base na área de ocupação das espécies alvo, os impactos na distribuição pelo efeito das mudanças climáticas futuras preveem retração ou expansão da extensão de ocorrência dos cerrados periféricos do centro-norte? As previsões de ocorrências futuras entre as espécies de distribuição geográfica ampla (“generalistas”) diferem em relação às de distribuição relativamente mais restritas à porção setentrional do Bioma (“marginais”)? Áreas ambientalmente estáveis previstas nos cenários futuros se encontram protegidas em unidades de conservação (UCs) atuais? Neste contexto, este estudo objetivou estimar o impacto das mudanças climáticas sobre a extensão futura de ocorrência dos cerrados periféricos do centro-norte brasileiro.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área investigada pertence à região centro-norte do Brasil (Norte e Nordeste, entre os limites aproximados de 6°N, 19°S, 74°O e 34°O), com foco às savanas marginais e disjuntas ao bloco contínuo do bioma Cerrado. As projeções e análises concentram-se principalmente nos efeitos das mudanças climáticas sobre as diferentes fisionomias savânicas que refletem a influência dos domínios fitogeográficos adjacentes (Amazônia, Cerrado, Caatinga e suas áreas de ecótono), que envolvem limites climáticos naturais entre florestas tropicais, savanas e estepes semiáridas (IBGE, 2012). A região compõe um supercentro de biodiversidade e de endemismo do Cerrado, porém carente de dados biológicos primários, o que o torna foco preferencial de coletas. Ademais, pesquisas apontam que essa região é mais sensível às mudanças climáticas globais, devido às altas taxas atuais de desmatamento e de transformação das paisagens (Salazar et al., 2007; IPCC, 2014).

2.1 Seleção dos Dados

As listas de ocorrência das espécies foram inicialmente obtidas a partir de redes de dados florísticos de áreas de Cerrado (<http://cerrado.rbge.org.uk>; Ratter et al., 2011; Castro

1 Neologismo para subconjuntos de biodiversidade prioritários para conservação dentro das ecorregiões *hotspots*.

et al., 2010; Vieira et al., 2019). Além disso, 21 áreas foram amostradas na região dos cerrados setentrionais (nos estados do Piauí, Maranhão, Pará e Amapá [Costa-Coutinho et al., 2019a; b; 2021a; b]). Para testar a hipótese, dividimos as espécies nessas listas em dois grupos aos quais nos referiremos aqui como “generalistas” (SpG) e “marginais” (SpM). Primeiro, todas as espécies nas listas (N = 235) foram classificadas de acordo com seu valor de constância e as cinco primeiras foram selecionadas como representantes do grupo generalista: *Bowdichia virgilioides* (754 ocorrências), *Byrsonima crassifolia* (523), *Qualea grandiflora* (858), *Q. parviflora* (727), *Salvertia convallariodora* (561). Em seguida, a partir das listas dos inventários primários, as espécies foram ordenadas por valor de importância (IV) e as cinco primeiras foram selecionadas: *Curatella americana* (956), *Himatanthus articulatus* (441), *Parkia platycephala* (259), *Plathymenia reticulata* (604), *Vatairea macrocarpa* (413) (Tab. 1).

Diversos índices ecológicos em taxocenoses de plantas lenhosas (constância, diversidade, riqueza, equitabilidade e índice de valor de importância - IV) são utilizados como indicadores de degradação ambiental por meio da análise de padronizados. IV é um estimador da importância ecológica de um táxon dentro de uma comunidade florestal, calculado como a soma da densidade relativa, dominância relativa e frequência relativa de uma dada espécie (para mais detalhes sobre o critério de seleção das espécies ver Costa-Coutinho et al., 2019a; 2021a; b).

Finalmente, além dos dados de inventário e levantamento de campo, os registros de ocorrência dessas espécies foram obtidos na plataforma Global Biodiversity Information Facility (<http://gbif.org>) usando o pacote *rgbif* no R (R Development Core Team, 2019). Além disso, foram criadas três bases de dados de pseudo-ausências/cenários contendo dez vezes o número de ocorrências e dispostas fora do polígono convexo mínimo que contém as ocorrências.

A área total de ocorrência conhecida de cada espécie na América do Sul foi utilizada para o processo de ajuste do modelo (ver abaixo), pois representa os dados atualizados completos disponíveis sobre as espécies. Foram excluídos os registros não georreferenciados e aqueles fora da distribuição esperada para a espécie (por meio de inspeção visual), e mantidos os registros com apenas 1km de distância um do outro, para minimizar a autocorrelação espacial. Embora sejam típicas de Cerrado, são plantas casualmente registradas em áreas ecotonais sob influência dos domínios vizinhos, e por este motivo foram checados os registros duplicados com base no *checklist* do presente estudo, nas listas florísticas revisadas de Castro et al. (2010), Ratter et al. (2011), Vieira et al. (2019) e na Lista de Espécies da Flora do Brasil (BFG, 2018; <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). A base de dados final incluiu 6.106 registros de presença (variando de 256 a 956) para as dez espécies nativas do Brasil, às quais tiveram expressivas representações em localidades de Cerrado.

Espécie	Família	NOcc	Status	ROC	TSS	Corte	Sensibilidade	Especificidade
1 <i>Bowdichia virgilloides</i> Kunth	Fabaceae	754	SpG	0.99	0.86	99.601	86.326	242
2 <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	523	SpG	0.99	0.89	99.025	89.532	263
3 <i>Curatella americana</i> L.	Dilleniaceae	956	SpM	0.99	0.86	99.787	86.103	253
4 <i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Apocynaceae	441	SpM	0.98	0.86	92.184	93.520	535
5 <i>Parkia platycephala</i> Benth.	Fabaceae	259	SpM	0.99	0.90	96.139	94.091	343
6 <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	Fabaceae	604	SpM	0.99	0.88	92.715	94.789	545
7 <i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Vochysiaceae	858	SpG	0.99	0.88	99.417	88.367	222
8 <i>Qualea parviflora</i> Mart.	Vochysiaceae	727	SpG	0.99	0.89	96.699	92.138	424
9 <i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil.	Vochysiaceae	561	SpG	0.99	0.89	92.857	95.834	576
10 <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	Fabaceae	413	SpM	0.99	0.88	92.010	95.560	586

Espécie	Atual (km ²)	cc45bi50 (km ²)	Difer (km ²)	Prop (%)	cc85bi50 (km ²)	Difer (km ²)	Prop (%)	hg45bi50 (km ²)	Difer (km ²)	Prop (%)	hg85bi50 (km ²)	Difer (km ²)	Prop (%)
1	5.871.057	6.373.603	502.546	8.6	7.548.132	1.677.075	28.6	7.541.033	1.669.976	28.4	7.966.073	2.095.016	35.7
2	7.069.114	7.736.200	667.086	9.4	7.900.337	831.223	11.8	7.884.514	815.400	11.5	8.042.946	973.832	13.8
3	7.017.382	7.998.670	981.288	13.9	8.282.553	1.265.171	18.0	8.398.079	1.380.697	19.7	8.532.321	1.514.939	21.6
4	7.277.459	7.343.353	65.894	0.9	6.849.047	-428.412	-5.9	6.470.654	-806.805	-11.1	6.261.363	-1.016.096	-13.9
5	2.094.985	3.170.098	1.075.113	51.3	3.529.374	1.434.389	68.5	3.134.034	1.039.049	49.6	3.796.085	1.701.100	81.2
6	3.406.092	3.142.752	-263.340	-7.7	3.315.609	-90.483	-2.7	3.564.197	158.105	4.6	3.949.747	543.655	15.9
7	3.819.096	4.442.998	623.902	16.3	4.942.522	1.123.426	29.4	4.906.591	1.087.495	28.5	5.623.282	1.804.186	47.2
8	3.516.116	3.640.991	124.875	3.55	4.014.350	498.234	14.2	3.852.748	336.632	9.6	4.310.968	794.852	22.6
9	3.517.549	3.230.293	-287.256	-8.2	2.970.391	-547.158	-15.6	3.120.214	-397.335	-11.3	2.959.385	-558.164	-15.9
10	3.408.351	3.503.640	95.289	2.8	3.721.776	313.425	9.2	3.622.850	214.499	6.3	3.958.949	550.598	16.2

Tabela 1. Espécies e métricas utilizadas na modelagem da distribuição potencial das savanas setentrionais do Bioma Cerrado. NOcc: número de ocorrência; Status: distribuição das espécies: generalista (SpG) e savana setentrional marginal (SpM); Parâmetros de desempenho do modelo: ROC, TSS, Limiar de corte (valores limites maximizados pelo TSS para binarização), Sensibilidade, Especificidade; Extensão, diferença e proporção da área projetada conforme os cenários. Destaque: ganho (azul) ou perda (vermelho) de área de adequabilidade ambiental.

Com o propósito de projetar modelos de nicho ecológico (*ENMs*), foram usados dados climáticos atuais e projeções para 2050, obtidos na base de dados do WorldClim (*Global Climate Data*, <http://worldclim.org>) em resolução de 30 arcseg no limite espacial da América do Sul (12°N, 56°S, 91°O, 34°O). Essa extensão foi utilizada para capturar o espectro de variação climática para toda a distribuição conhecida das espécies. Dentre as 20 variáveis (altitude e 19 bioclimáticas), foram selecionadas as menos colineares, através da ferramenta *removeCollinearity*² do pacote *virtualspecies* (Fig. 1).

² multicollinearity.cutoff = 0.75, nb.points = 10000

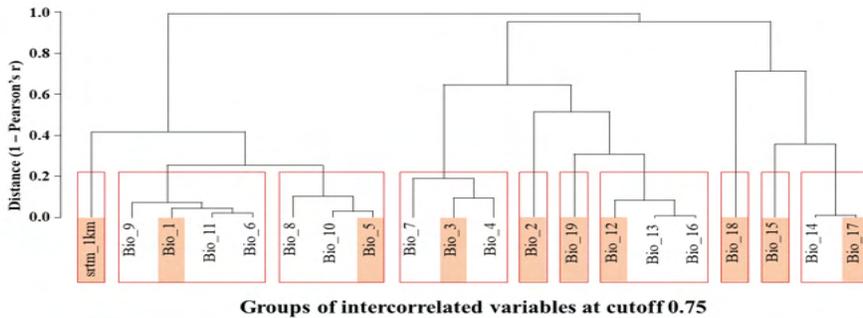


Figura 1. Parâmetros ambientais utilizados para a modelagem: elevação (*srtm*, resolução 1 km) e as nove bioclimáticas destacadas. (*annual mean temperature*: Bio1, *max temperature of warmest month*: Bio5, *isothermality*: Bio3, *mean diurnal range*: Bio2, *precipitation of coldest quarter*: Bio19, *annual precipitation*: Bio12, *precipitation of warmest quarter*: Bio18, *precipitation seasonality*: Bio15, *precipitation of driest quarter*: Bio17).

As projeções climáticas futuras foram derivadas de dois modelos globais de circulação oceano-atmosférica (AOGCM): *Community Climate System Model (CCSM4)* e *Hadley Centre Global Environmental Model (HadGEM2-CC)*, em duas circunstâncias de concentração de gases de efeito estufa (RCPs³ 4.5 e 8.5) previstas pela quinta avaliação (CMIP₅) (IPCC, 2014), representando um cenário otimista alcançável e um menos otimista.

2.2 Análises de modelagem e Modelos

Para estimar a distribuição potencial das espécies, ENMs foram gerados no pacote *biomod2* executando quatro diferentes algoritmos: *Generalized Linear Model (GLM)*, *Artificial Neural Network (ANN)*, *Random Forest (RF)* e *Maximum Entropy (MAXENT)*⁴. Os conjuntos de dados de espécies (registros de presença + pseudo-ausências) foram divididos ao acaso em 75% para calibração dos modelos (pontos de treino) e 25% para avaliação (pontos de teste) e esse procedimento foi repetido 10 vezes para cada conjunto para cada espécie. Para avaliar o poder preditivo dos modelos foram aferidos os valores do *True Skill Statistics (TSS)*; limiar-dependente) (Allouche et al., 2006) e da área sob a curva *ROC (receiver operating characteristic)*; limiar-independente). Também foram relatados níveis de sensibilidade (proporção de presenças corretamente previstas/verdadeiros positivos) e especificidade (proporção de ausências previstas corretamente/verdadeiros negativos).

Os mapas consenso foram gerados pelo método de *committee averaging* a fim de representar as concordâncias entre as diferentes corridas. Os modelos com menores desempenhos (TSS<0.5) foram eliminados do processo de construção (*ensemble*). Assim, cinco mapas consensuais foram gerados por espécie, para cada cenário (um atual, dois RCP 4.5 e dois RCP 8.5). Os valores contínuos de adequação de habitat foram transformados

³ Representative Concentration Pathways (RCPs)

⁴ Todos os parâmetros de ajuste e seleção de modelos foram deixados no modo padrão.

em dados binários (presença/ausência) usando um limiar de corte que maximizava o *TSS* (ver Corte na Tab. 1) e a área de ocorrência projetada foi calculada multiplicando a área de célula (considerada 1x1km) pela contagem de células.

Também foi aferida a dinâmica de mudança da extensão de ocupação das espécies (ganho/perda de área) com base nas diferenças entre a área projetada para cada cenário climático atual e futuros. Estes foram avaliados individualmente para cada espécie, para reconhecer diferenças funcionais ecológicas entre as populações vegetais e o efeito gerado sobre a área de estudo. Mediante a sobreposição dos conjuntos modelados, foi calculado o tamanho da área climaticamente mais estável (denominada nesse estudo de refúgio), individualmente por *status* (generalista [SpG] e marginal [SpM]) e conjuntamente em cada cenário. A partir desses mapas de refúgios, medimos a eficácia futura das UCs atuais do ponto de vista da mudança climática, contabilizando a extensão das áreas refúgio para as SpG, SpM e ambas, que se sobrepõem com as UCs. Os dados das UCs brasileiras foram obtidos no site do Ministério do Meio Ambiente (<http://mapas.mma.gov.br>). Os resultados da modelagem foram visualizados através do Sistema de Informação Geográfica QGIS e analisados no ambiente R. Todos os procedimentos descritos acima foram escolhidos para equilibrar as melhores práticas do método com questões de viabilidade computacional.

3 | RESULTADOS

Os modelos demonstraram altos níveis de precisão, conforme os valores *TSS* (0.99) e *ROC* (0.86~0.90) indicando modelos com qualidade de previsão (Tab. 1). A área para as projeções atuais entre as SpG e as SpM apresentou grande variação (SpG: 3,5~7,0 milhões km² e SpM: 2,0~7,2 milhões km²). As estimativas feitas pelas instituições de AOGCM, em geral, mantiveram consistência, mas as maiores taxas de mudança, com prognósticos mais hostis, foram registradas por CCSM4 (CC) (Tab. 1, Fig. 2).

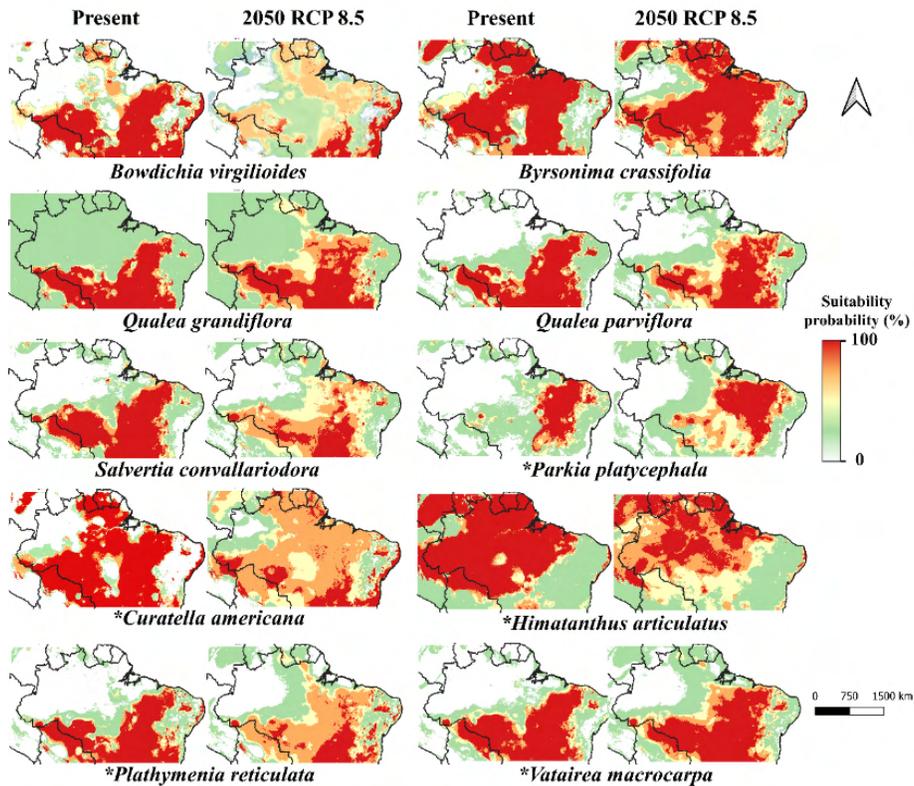


Figura 2. Modelos de estabilidade climática estimados mediante a proporção de presença de cada espécie em cada célula da grade sul-americana nos períodos presente e futuro mais pessimista (2050, RCP 8.5, segundo o GCM HadGEM2-CC). Cores mais quentes representam maior adequabilidade ambiental. * Espécies marginais típicas dos cerrados setentrionais.

Considerando os mapas com valores de adequação contínua, as áreas com maior pontuação (cor vermelha) no futuro serão reduzidas, fragmentadas e/ou deslocadas em relação ao presente, independentemente de serem SpG ou SpM. No entanto, considerando os limites de corte para a presença (ou seja, os mapas binários), nossos resultados apontaram para uma tendência de aumentar as áreas adequadas no futuro, que é maior no pior cenário (ou seja, 2050 RCP 8.5). Apenas duas espécies, *S. convallariodora* e *H. articulatus*, apresentaram perda de áreas adequadas nas projeções futuras de diferentes cenários (Fig. 3). Grande parte das projeções futuras permanece nas áreas dominadas pelo Cerrado brasileiro, mas potencialmente invasões nos biomas adjacentes podem ocorrer, especialmente na Amazônia (Fig. 2). Isso significa que a região de savana marginal no centro-norte do Brasil ganharia áreas adequadas. E o mais interessante é que ambas as categorias serão afetadas virtualmente da mesma forma (ou seja, ganho de área). Ainda em relação às projeções futuras, vale destacar um deslocamento para sudoeste, com ampliações nos estados de Mato Grosso, Rondônia e Acre e Bolívia.

De modo geral, os resultados dos mapas binários mostraram que a maioria das espécies estão sendo favorecidas com aumento potencial de área adequada no futuro. A média de ganho foi de 18.5% no cenário mais otimista (2050; RCP 4.5) e de 26.9% no pior cenário (2050; RCP 8.5). *H. articulatus* tem a maior área de adequação ambiental prevista no cenário atual, seguida por *B. crassifolia*, *C. americana* e *B. virgilioides*. Contudo, três espécies mostraram perda de alcance espacial: *S. convallariodora* (SpG) com redução de 11% nos cenários menos pessimistas e 16% nos mais pessimistas; *H. articulatus* (SpM), entre 6 e 14% de perda em três dos cinco cenários; e previsão semelhante para *P. reticulata*, entre 3 e 11% de perda, em dois dos cinco cenários (Fig. 3).

A distribuição das áreas de refúgio varia enormemente. Influenciadas pelas espécies marginais, as áreas de refúgio, considerando todas as espécies, estão na porção centro-norte do Brasil. Nas projeções futuras, as 278 unidades de conservação de diferentes categorias que se sobreporam às áreas focais abrigarão apenas 4.6% (5.634 km²) dos refúgios projetados (Fig. 4). Nas áreas relictuais que abrangem todas as espécies são encontradas menos de 10 UCs atuais, sendo as maiores a Área de Proteção Ambiental Estadual Ilha do Bananal/Cantão, no Tocantins e o Parque Nacional Chapada das Mesas, no sul

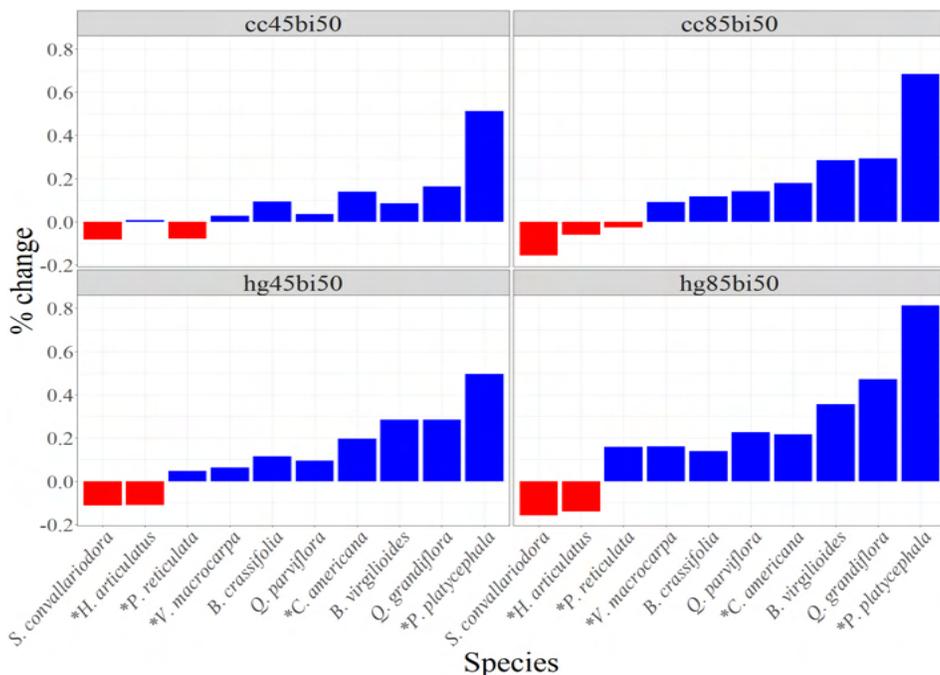


Figura 3. Relação da alteração potencial da extensão de adequabilidade climática por espécie nos diferentes cenários de mudança climática futura. Azul: expansão; vermelho: retração. * Espécies marginais típicas dos cerrados setentrionais.

do Maranhão. Apenas 4,8% (7.822 km²) e 8,1% (142.196 km²) das espécies marginais e generalistas, respectivamente, serão protegidas dentro das UCs. Ao associar aos dados de supressão da vegetação, observa-se uma redução alarmante na proporção de habitats residuais por célula de grade e evidencia-se as áreas preferenciais para focar em medidas conservacionistas (Fig. 5).

4 | DISCUSSÃO

Ao entender processos biogeográficos como a dispersão de organismos, a geração de barreiras que promovem a vicariância e a geração de novas linhagens, constata-se que as mudanças climáticas são centrais nesses processos evolutivos, desencadeando a origem e a extinção de organismos dentro de um contexto histórico (Haffer, 2008). A proposição de algumas hipóteses (a exemplo dos refúgios pleistocênicos e do distúrbio-vicariante) explicariam a grande biodiversidade Neotropical e brasileira contemporâneas (Haffer, 2008; Aleixo et al., 2010). Ciclos de resfriamento e aquecimento teriam desencadeado processos adaptativos em diferentes grupos biológicos nas inúmeras fases paleogeográficas. Episódios de retrações e expansões de

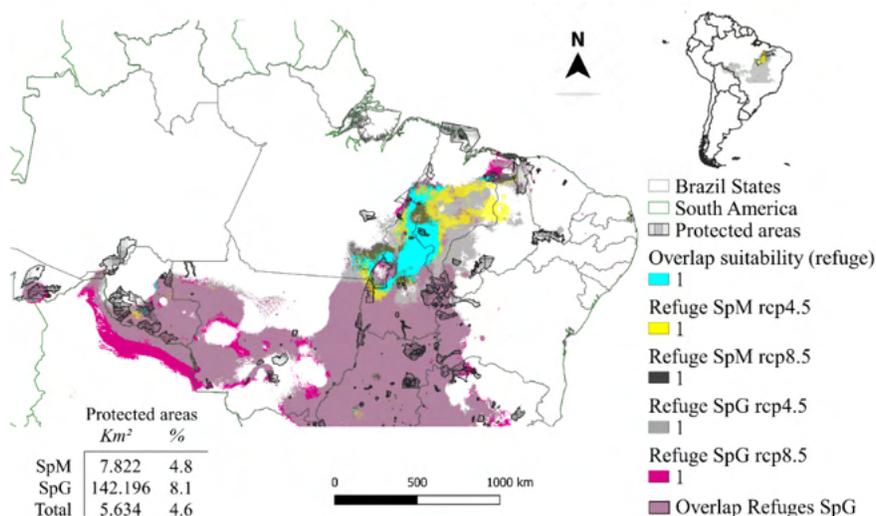


Figura 4. Áreas climáticas potencialmente estáveis para ações de conservação. Mapa de sobreposição das espécies nos quatro cenários indicando áreas climáticas mais estáveis (refúgios, em azul) para as espécies generalistas (SpG) e marginais (SpM). Escalas de cores representam a sobreposição dos modelos. As áreas foram plotadas com Unidades de Conservação existentes. Os valores são referentes exclusivamente à região setentrional. A tabela representa a extensão absoluta (km²) e relativa (%) de ocorrência das espécies em áreas protegidas baseada no cenário atual de distribuição.

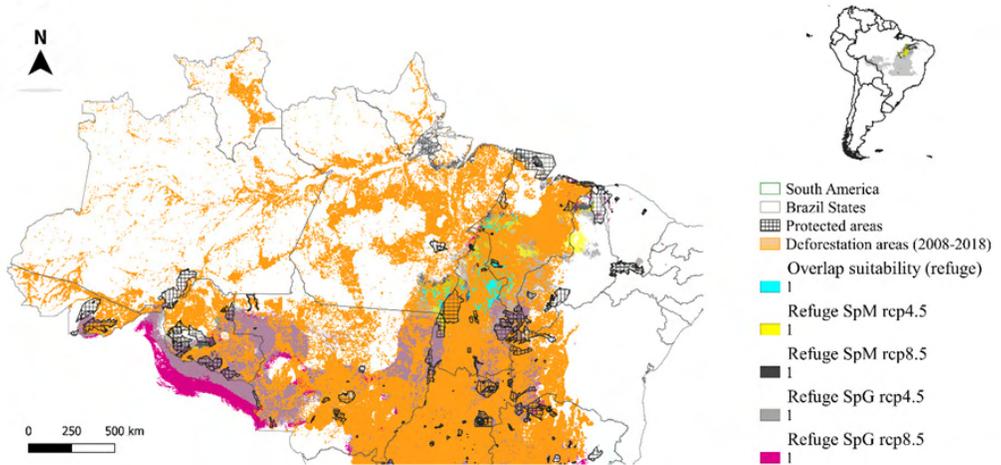


Figura 5. Áreas antropizadas sobrepostas aos cenários climáticos de adequabilidade ambiental e plotadas com as Áreas Protegidas (UCs-2019) e as camadas de desmatamento. A sobreposição dos modelos é representada pelas variações de cores. Em azul a sobreposição das áreas prioritárias nos diferentes cenários indicando refúgios relictuais.

formações florestais e abertas, combinados com isolamento e especiação teriam afetado a biodiversidade do Cerrado (Silva; Bates, 2002; Haffer, 2008). Neste sentido, os resultados deste estudo demonstram que, mesmo nos cenários de mudança climática mais otimistas (RCP 4.5), os requisitos climáticos potencialmente terão um forte efeito nas assembleias lenhosas de savanas da porção centro-norte do Brasil em breve (2050). Os ENMs estimaram mudanças no padrão espacial de adequação de habitat para as espécies e composição da flora em escala macrorregional e mostraram que 70% das espécies ocuparão novos nichos e 30% terão intervalos ideais menores. Além disso, poucas áreas climaticamente estáveis para a ocorrência dessas espécies estão sob proteção.

Entender como as espécies podem responder às mudanças climáticas previstas para ocorrer nos próximos anos é fundamental para a formulação de ações de manejo e conservação da biodiversidade. Um maior *turnover* pode ser esperado em domínios futuros da savana, especialmente em áreas com gradiente de umidade oeste-leste marcado (Davidson et al., 2012), como no centro-norte do Brasil. Além disso, trabalhos recentes indicam que esta área é sensível às mudanças climáticas globais devido às altas taxas atuais de desmatamento e transformação da paisagem (Salazar et al., 2007; IPCC, 2018). Embora as espécies sejam típicas de savana, são registradas em áreas ecotonais (BFG 2018) e, por serem plantas heliófilas, prevíamos que potencialmente responderiam expandindo seus habitats, possivelmente aumentando a competição entre as floras dentro e entre biomas.

De acordo com nossos modelos, as espécies generalistas demonstraram aumento em seus intervalos, o que pode ser interpretado como um sinal de resiliência (Beisner et

al., 2003) dadas as projeções de mudanças ambientais principalmente na região centro-norte do Brasil. A resposta peculiar de algumas espécies reflete a falta de um padrão nos cenários (Miranda et al., 2019) e indica que as mudanças climáticas influenciarão de maneiras diferentes nas variadas floras sinareaais do Cerrado (Costa-Coutinho et al., 2019a; 2021b). Além disso, o Observatório do Clima/SEEG (<http://www.observatoriodoclima.eco.br/>), considerando os cenários do IPCC para o período 2000-2100) prevê aumento da temperatura de 72% sobre a temperatura média e diminuição da precipitação com as tendências mais negativas no Cerrado e na Amazônia (Azevedo et al., 2018; Penereiro et al., 2018). Projeções semelhantes foram observadas para as espécies “marginais” (SpM), embora *S. convallariodora*, *H. articulatus* e *P. reticulata* possam perder sua adequação climática ou até adotar novas faixas alternativas de equilíbrio ambiental. Beisner et al. (2003) discutiram as perspectivas de estados estáveis alternativos que sugerem que a resiliência pode ser alcançada por mudanças adaptativas (ou seja, “mudanças nas variáveis”), o que parece ser o caso com SpG, ou por antecipar mudanças no ambiente por meio de mudanças na faixa (ou seja, “mudanças nos parâmetros”), como parece ser o caso com SpM.

A maioria das espécies apresentou ganho de amplitude espacial nas projeções binárias, sugerindo condições de sobrevivência para essas espécies heliófilas. Isso corrobora a suposição de expansão de ambientes xéricos possivelmente iniciada no Holoceno e mantida no período atual (Simões et al., 2019). Porém, a resposta peculiar das três espécies supracitadas reflete a falta de um padrão nos cenários e indica que as mudanças climáticas terão uma influência variável nas fitocomunidades. A dificuldade de adaptação das floras nativas às mudanças climáticas tende a agravar a degradação florestal em poucas décadas. Mesmo espécies amplamente distribuídas podem ter tamanhos populacionais reduzidos em algumas áreas e sofrer extinção local, em séries temporais longas com tendência sazonal à aridez (Simões et al., 2019). Extrapolando, a simplificação estrutural, o aumento da mortalidade, a redução da média da densidade vegetal, são indicadores dessas mudanças através da “desertização” das savanas estépicas do semiárido nordestino, da “savanização” da Amazônia e da “erosão” das savanas centrais, contribuindo para a redução atual da diversidade filogenética e para novos padrões de nichos ecológicos (Costa et al., 2012; Terribile et al., 2012).

Experimentos de seca de longo prazo na Amazônia mostraram considerável resiliência de nicho à variação climática natural, mas as interações entre mudança climática, desmatamento, fogo e potencial descarga de armazenamento de carbono e precipitação levam a um ecossistema cada vez mais vulnerável (Davidson et al., 2012). Além do clima, diversos fatores atuais operam na perturbação dos habitats, impedindo a recuperação e/ou o crescimento natural das paisagens e interferindo na real adequabilidade ambiental. Pesquisas indicaram a importância dos solos na distribuição de espécies vegetais (Siqueira; Durigan, 2007), porém as variáveis edáficas não foram incluídas nas projeções sobre as

savanas setentrionais, uma vez que análises prévias (Costa-Coutinho et al., 2019a; b; 2021b) apontaram os atributos topográficos e climáticos como principais modeladores destas savanas, ficando os aspectos edáficos subordinados às variações do clima. A dinâmica da adequabilidade ambiental apresenta a maior probabilidade de decréscimo nas áreas de borda Cerrado-Amazônia, onde o desmatamento é maior e onde o clima e a fitodiversidade transitam entre os ecossistemas (Davidson et al., 2012). Corroborando estes autores, nestes ecótonos a queda da precipitação tornará menos limitante as condições entre floresta (curta estiagem) e savana (longa estiagem), havendo a expansão desta.

Para Costa et al. (2012) alguns grupos biológicos correlacionaram seus últimos ciclos de diversificação com as alterações climáticas recentes; no entanto, para outros grupos essas alterações pouco contribuíram para a riqueza e distribuição geográfica atuais. Terribile et al. (2012) consideram olhar simultaneamente ao passado e ao futuro a fim de mapear as áreas do Cerrado provavelmente mais adequadas no futuro. Neste contexto, avaliar as consequências, das variações dos padrões fenológicos e reprodutivos, das interações ecológicas, da duração das estações do ano; e as respostas quanto à adaptabilidade, plasticidade, migração ou extinção nas populações é considerada meta das pesquisas atuais (Azevedo et al., 2018; IPCC, 2018).

A modelagem de nicho em fitolinhagens do Cerrado contribui para esta discussão e dá uma ideia da suscetibilidade deste Bioma diante das tendências atuais do uso da terra e da crônica utilização dos recursos naturais. De modo inédito este estudo constatou que a maior extensão inclusiva do refúgio projetado se concentra no centro da área de estudo, coincidindo com “*subhotspots*”, considerados por Castro e Martins (1999) de limites periféricos (ecótonos) do Cerrado. Conforme Costa-Coutinho et al. (2019a; 2021a; b), é esperado nas floras periféricas diversidade mais baixa e plástica em habitats fragmentados, ecotonais, com alta complexidade estrutural, que funcionam como filtros ambientais que causam homogeneização da diversidade (Kortz; Magurran, 2019) mas, conforme nossos modelos mostram, muitas dessas áreas proporcionarão as condições ideais para floras Cerrado. Reforçando Terribile et al. (2012), os reservatórios de biodiversidade são prioritários para ações de conservação das savanas brasileiras, porém, demonstrou-se baixa eficácia das atuais áreas protegidas mediante os refúgios relictuais nos cenários modelados. A projeção da área focal climaticamente estável apresenta sua maior parte conectada, porém, em grande parte desprotegida, se sobrepondo a áreas degradadas. Notavelmente, menos de 22% encontra-se abrigada por UCs atualmente estabelecidas. A identificação desses refúgios ambientais para preservação representam, ao mínimo, medidas de frenagem das ações antrópicas, ansiando maior eficácia futura das UCs, seguramente como zonas de amortecimento desses eventos na conservação e funcionamento ecossistêmico.

51 CONCLUSÃO

O poder de previsão dos modelos de adequação de nicho apresentou alta confiabilidade e os resultados forneceram evidências de que as mudanças climáticas afetarão o desempenho de distribuição das espécies lenhosas investigadas e alterarão a extensão potencial de seus nichos fundamentais. A matriz de ocorrência coincide com a extensão do bioma Cerrado, no entanto, estima-se maiores interpenetrações nos biomas adjuntos, especialmente na Amazônia. O principal impacto, consistentes na maioria dos cenários, foi a expansão das áreas de ocorrência em potencial, coabitando com espécies de outros biomas ou suprimindo-as. Logo, a vegetação do cerrado setentrional tende a se beneficiar, embora estime-se fragmentação e/ou deslocamento de adequação ambiental ideal, especialmente para as plantas típicas marginais. A confluência das áreas de maior adequabilidade é apontada como refúgio e sua maior extensão está prevista no centro-setentrional da área de estudo. As atuais unidades de conservação tem o potencial de proteger menos de 5% dos refúgios identificados, sendo áreas preferenciais para focar medidas conservacionistas e otimizações nas estratégias de manutenção do Cerrado brasileiro.

REFERÊNCIAS

- Aleixo, A., Albernaz, A. L., Grelle, C. E. V., Vale, M. M.; Range, T. F. (2010). Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. *Natureza & Conservação*, 8, 2, 194-196.
- Allouche, O., Tsoar, A.; Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *J Appl Ecol.*, 43, 1223-1232.
- Azevedo, T. R., Costa Junior, C., Brandão Junior, A., Cremer, M.S., Piatto, M., Tsai, D.S., ... Kishinami, R. (2018). SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. *Sci Data*, 5, 180045.
- Beisner, B.E., Haydon, D. T.; Cuddington, K. (2003). Alternative stable states in ecology. *Front Ecol Environ.*, 1, 7, 376-382.
- BFG. (2018). The Brazil Flora Group. Brazilian Flora 2020: Innovation and collaboration to meet Target 1 of the Global Strategy for Plant Conservation (GSPC), *Rodriguésia*, 69, 4, 1513-1527.
- Castro, A. A. J. F.; Martins, F. R. (1999). Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. *Pesquisa em Foco*, 7, 9, 147-178.
- Castro, A. A. J. F., Barros, J. S., Costa, J. M., Santos, M. P. D., Pires, M. F. O., Mendes, M. R. A., ... Sousa, S. R. (2010). *Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados: Sítio 10 do PELD (Período 2001/2011)*. Teresina: EDUFPI/Gráfica do Povo.

- Costa-Coutinho, J. M., Jardim, M. A. G., Castro, A. A. J. F.; Viana-Junior, A. B. (2019). Conexões biogeográficas de savanas brasileiras: partição da diversidade marginal e disjunta e conservação do trópico ecotonal setentrional em um hotspot de biodiversidade. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(7):2406-2427.
- Costa-Coutinho, J. M., Jardim, M. A. G.; Castro, A. A. J. F. (2019). Databank floristics, phytogeography and environmental factors of the Brazilian Middle North Savannas, *Dryad*, Dataset. <https://doi.org/10.5061/dryad.9cnp5hq4>
- Costa-Coutinho, J. M., Costa-Neto, S. V.; Jardim, M. A. G. (2021). Florística e estrutura do estrato arbóreo em cinco savanas no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14:215-228.
- Costa-Coutinho, J. M., Jardim, M. A. G., Castro, A. A. J. F., Costa-Neto, S. V.; Viana-Junior, A. B. (2021). Environmental drivers organize woody plant assemblages across a Cerrado vegetation mosaic in northern Brazil. *Nature and Conservation*, 14(3):jun, jul, ago 2021 (prelo).
- Costa, T. R. N., Carnaval, A. C. O. Q.; Toledo, L. F. (2012). Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros. *Revista da Biologia*, 8, 33-37.
- Davidson, E. A., Araújo, A. C., Artaxo, P., Balch, J. K., Brown, I. F., Bustamante, M. M. C., ... Wofsy, S. C. (2012). The Amazon basin in transition. *Nature*, 481, 321-328.
- Gallagher, R. V., Hughes, L.; Leishman, M. R. (2013). Species loss and gain in communities under future climate change: Consequences for functional diversity. *Ecography*, 36, 531-540.
- Gomes, V. H. F., Vieira, I. C. G., Salomão, R. P.; Steege, H. (2019). Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. *Nature Climate Change*, 9, 547-553.
- Haffer, J. (2008). Hypotheses to explain the origin of species in Amazonia. *Braz. J. Biol.*, 68, 4, 917-947.
- IBGE. (2012). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manuais técnicos em geociências: manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro.
- IPCC. (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers. [Cited 9 October 2019.] Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In: *Global warming of 1.5°C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 p. Retrieved from https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf
- Kortz, A. R.; Magurran, A. E. (2019). Increases in local richness (α -diversity) following invasion are offset by biotic homogenization in a biodiversity hotspot. *Biol. Lett.*, 15, 20190133.

Miranda, L. S., Imperatriz-Fonseca, V. L.; Giannini, T. C. (2019). Climate change impact on ecosystem functions provided by birds in southeastern Amazonia. *Plos One*, 11,1-17.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B.; Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.

Nobre, C. A., Sampaio, G.; Salazar, L. (2008). Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. *Parcerias Estratégicas*, 13, 27.

Oliveira, M. J., Carneiro, C. D. R., Vecchia, F. A. S.; Baptista, G. M. M. (2017). Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. *Terræ Didática*, 13, 3, 149-184.

Penereiro, J. C., Badinger, A., Maccheri, N. A; Meschiatti, M. C. (2018). Distribuições de tendências sazonais de temperatura média e precipitação nos biomas brasileiros. *Rev. bras. meteorol.*, 33, 1, 97-113.

Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P. W., Fernandez-Manjarres, J. F., ... Walpole, M. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 10, 330, 6010, 1496-1501.

Ratter, J. A., Bridgewater, S., Ribeiro, J. F., Fonsêca-Filho, J., Rodrigues Da Silva, M., Milliken, W., ... Pennington, R. T. (2011). Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation IV: revision of the comparison of the woody vegetation of 367 areas and presentation of a revised database of 367 areas. *Royal Botanic Garden Edinburgh*. Retrieved from <http://cerrado.rbge.org.uk>

Ribeiro, B. R., Sales, L. P.; Loyola, R. (2018). Strategies for mammal conservation under climate change in the Amazon. *Biodivers Conserv.*, 27, 1943.

R Development Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/>.

Rochedo, P. R. R., Soares-Filho, B., Schaeffer, R., Viola, E., Szklo, A., Lucena, A. F. P., ... Rathmann, R. (2018). The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*, 8, 695-698.

Salazar, L. F., Nobre, C. A.; Oyama, M. D. (2007). Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophys Res Lett.*, 34.

Sanaiotti, T. M., Martinelli, L. A., Victoria, R. L., Trumbore, S. E.; Camargo, P. B. (2002). Past vegetation changes in Amazon savannas determined using carbon isotopes of soil organic matter. *Biotropica*, 34, 2-16.

Silva, J. M. C.; Bates, J. M. (2002). Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience*, 52, 3, 225-234.

Simões, S. S., Zappi, D., Costa, G. M., Oliveira, G.; Aona, L. Y. S. (2019). Spatial niche modelling of five endemic cacti from the Brazilian Caatinga: Past, present and future. *Austral Ecology*.

Siqueira, M. F.; Durigan, G. (2007). Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. *Rev. bras. Bot.*, 30, 2, 233-243.

Siqueira, M. F.; Peterson, A. T. (2003). Consequências das mudanças climáticas globais na distribuição geográfica das espécies de árvores do cerrado. *Biota Neotrop.*, 3, 2.

Terribile, L. C., Lima-Ribeiro, M. S., Araújo, M. B., Bizão, N., Collevatti, R. G., Dobrovolski, R., ... (2012). Areas of Climate Stability of Species Ranges in the Brazilian Cerrado: Disentangling Uncertainties Through Time. *Natureza & Conservação*, 10, 2, 152-159.

Vieira, L. T. A., Costa-Coutinho, J. M., Castro, A. A. J. F.; Martins, F. R. A biogeographic and evolutionary analysis of the flora of the North-eastern cerrado, Brazil. *Plant Ecology & Diversity*.

LEVANTAMENTO FLORÍSTICO DO COMPONENTE ARBUSTIVO-ARBÓREO DA APAM RIO MANSO, COUTO DE MAGALHÃES DE MINAS/MG

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 08/11/2021

Vagner Guimarães dos Santos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina/MG
<http://lattes.cnpq.br/4807101168812207>

Anne Priscila Dias Gonzaga

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina/MG
<http://lattes.cnpq.br/3457070198865502>

RESUMO: A Área de Proteção Ambiental Municipal (APAM) Rio Manso está localizada em Couto de Magalhães de Minas/MG, possui área de 8.933 hectares e ampla variação de fitofisionomias do bioma Cerrado. A realização de estudos florísticos nessa APAM é de grande importância uma vez que o conhecimento da vegetação fornecerá várias contribuições para o estabelecimento de estratégias de conservação e preservação. Desta forma, este estudo teve como objetivo realizar o levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo na APAM Rio Manso. Para isso, foi utilizado o método qualitativo de caminhamento aleatório, que foram realizadas numa área equivalente a 10% da área total dessa APAM. Estas caminhadas foram feitas no período de cinco meses, e em cada expedição de campo foram realizadas coletas de material botânico em ponto diferente da área amostral, de

modo a contemplar toda a variação fitofisionômica existente na APAM. A herborização dos materiais botânicos coletados foi feita seguindo protocolos clássicos, e a identificação por meio de bibliografias especializadas, consulta a especialistas e acervo do herbário HDJF/UFVJM. O sistema de classificação utilizado foi o sistema APG IV (2016). O estudo permitiu a identificação de 84 espécies, distribuídas em 29 famílias e 58 gêneros, sendo as famílias Fabaceae, Myrtaceae e Asteraceae as mais representativas com 12, 9 e 8 espécies respectivamente. Em relação ao hábito e substrato houve maioria de espécies arbóreas e encontradas no solo. As fitofisionomias identificadas na APAM foram o Campo Sujo, Campo Limpo, Cerradão, Campo Rupestre e Cerrado *Stricto Sensu*, sendo estes dois últimos, respectivamente, onde se encontraram o maior número de espécies. Quanto ao grau de conservação, foram registradas três espécies ameaçadas de extinção, a saber: *Melanoxylon brauna* Schott, *Plinia nana* Sobral e *Ocotea odorífera* (Vell.) Rohwer. Estes resultados indicam que a APAM Rio Manso vem alcançando o objetivo proposto em sua criação que é o de proteger o meio natural de uma porção relevante da Serra do Espinhaço Meridional, compartilhando áreas de produção sustentáveis de agricultura e pecuária, e ainda assim, apresentando considerável riqueza florística, reafirmando a importância da sua preservação e conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Florística. Cerrado. Áreas de proteção ambiental.

FLORISTIC SURVEY OF SHRUB-ARBOREAL COMPONENT OF APAM RIO MANSO, COUTO DE MAGALHÃES DE MINAS/MG

ABSTRACT: The Rio Manso Municipal Environmental Protection Area (APAM) is located in Couto de Magalhães de Minas/MG, it has an area of 8,933 hectares and a wide range of Cerrado biome physiognomies. Conducting floristic studies in this APAM is of great importance since knowledge of vegetation will provide various contributions to the establishment of conservation and preservation strategies. Thus, this study aimed to perform the floristic survey of shrub-arboreal component in APAM Rio Manso. For this, we used the qualitative method of random walk, which was performed in an area equivalent to 10% of the total area of this APAM. These walks were done over a period of five months, and on each field expedition were collected botanical material in different point of the sample area, in order to contemplate all the phytophysiognomic variation existing in APAM. Herbization of the collected botanical materials was carried out following classical protocols, and identification through specialized bibliographies, expert consultation and collection of the herbarium HDJF / UFVJM. The classification system used was the APG IV system (2016). The study allowed the identification of 84 species, distributed in 29 families and 58 genera, being the families Fabaceae, Myrtaceae and Asteraceae the most representative with 12, 9 and 8 species respectively. Regarding habit and substrate, most tree species were found in the soil. The phytophysiognomies identified in APAM were Campo Sujo, Campo Limpo, Cerradão, Campo Rupestre and Cerrado *Stricto Sensu*, the latter two, respectively, where the largest number of species were found. Regarding conservation degree, three endangered species were recorded: *Melanoxylon brauna* Schott, *Plinia nana* Sobral and *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. These results indicate that APAM Rio Manso has been achieving its proposed objective of protecting the natural environment of a relevant portion of the Southern Espinhaço Mountain, sharing sustainable agricultural and livestock production areas, yet presenting considerable floristic richness, reaffirming the importance of its preservation and conservation.

KEYWORDS: Floristic. Cerrado. Environmental Protection Area.

1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil com área estimada em 2.036.448 km² (que corresponde aproximadamente 24% do território brasileiro) e abrange grande extensão da região Centro Oeste, parte do Norte, Nordeste e Sudeste e pequena porção do Sul, no estado do Paraná (IBGE, 2004). Assim, ele é o único bioma que está presente em todas as regiões brasileiras.

A sua vegetação é caracterizada por apresentar árvores de baixo porte, arbustos espaçados e com galhos retorcidos, cascas espessas e folhas grossas (MEDEIROS, 2011). Porém, em função da sua extensão territorial, esta vegetação não é homogênea possuindo grande diversidade de fitofisionomias que, segundo a classificação de Ribeiro e Walter (2008), variam entre formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre).

O Cerrado é considerado a savana de maior biodiversidade do mundo, com riqueza florística de mais de 11.000 espécies vegetais, sendo 4.400 endêmicas (MEDEIROS, 2011). Apesar dessa elevada biodiversidade e de sua importância biológica, este bioma é um dos mais ameaçados no país, sendo o segundo que mais sofreu com as ações antrópicas. Dados do Relatório de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite apontam que, até o ano de 2011, o Cerrado perdeu 48,89% de sua cobertura vegetal pela ação do desmatamento, o que corresponde a um total de 997.063 km². Ele ainda indica que entre 2008 e 2011 houve perda na área de vegetação de aproximadamente 7.117 km²/ano (MMA, 2015).

Esta perda da vegetação nativa ocorre de maneira intensa no Cerrado em função de sua conversão para usos alternativos do solo, sendo aquelas relacionadas à agricultura, pecuária e extrativismo do carvão vegetal as que mais se destacam neste cenário (BRASIL, 2011).

Uma das formas de proteger os biomas brasileiros dessa degradação e recuperar e/ou restaurar estes ecossistemas já danificados é por meio da criação de Unidades de Conservação (UC). Elas devem garantir a manutenção da biodiversidade e preservação do meio natural e segundo a Lei 9.985, de 18 de Julho de 2000, podem ser divididas entre dois tipos: Unidades de Proteção Integral (como as Estações Ecológicas, Reservas Biológicas e Parques Nacionais) e Unidades de Uso Sustentável (como as Florestas Nacionais e Áreas de Proteção Ambiental) (BRASIL, 2000).

As Áreas de Proteção Ambiental (APA) são geralmente extensas com objetivos de proteger a diversidade biológica, e ao mesmo tempo disciplinar o processo de ocupação humana no local (BRASIL, 2000). Para Gonçalves (2014) a APA além de proteger os recursos naturais existentes naquele território, deve permitir a ocupação humana de forma que estes recursos sejam usados de forma sustentável, e que ainda haja melhoria na qualidade de vida da população que ali reside. Segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, o Brasil possui 362 APA cadastradas sendo 37 unidades federais, 198 estaduais e 127 municipais (CNUC, 2019).

A Área de Proteção Ambiental Municipal (APAM) Rio Manso foi criada no município de Couto de Magalhães de Minas/MG, em 2001, pela Lei nº 503, 2001. Ainda segundo esta lei, ela surgiu com o intuito de proteger o Cerrado presente em seu território, preservando a fauna, a flora e os recursos hídricos da área, além de garantir a utilização dos recursos naturais de forma sustentável pelas comunidades que ali moram, assim como pelo restante da população.

A vegetação desta APAM é considerada essencial para a proteção e conservação do ecossistema local (LEI nº 503, 2001). Assim, a realização de estudos florísticos nesta área é de grande importância, uma vez que estes fornecerão uma série de contribuições para o estabelecimento de estratégias de preservação dos recursos naturais.

Segundo Martins (1990), citado por Souza *et al.* (2008), o levantamento florístico é

uma das etapas iniciais para o conhecimento da flora de um determinado local, e visa a identificação de espécies presentes nesta área. Eles alegam que o levantamento contribui para o estudo dos demais atributos da comunidade ao fornecer informações sobre o estado da vegetação.

O estudo da composição florística, para Chaves *et al.* (2013), permite a caracterização da flora de determinada comunidade vegetal, coletando informações qualitativas e quantitativas da mesma e identificando as espécies do local. Eles afirmam ainda que a sua realização possibilita que sejam tomadas decisões que visam melhor manejo de cada vegetação, além de auxiliar na conservação e preservação da cobertura vegetal.

Assim, diante da relevância da APAM Rio Manso para a preservação do Cerrado e manutenção da biodiversidade da área, da importância da realização de estudos florísticos neste local, especialmente considerando a ausência de estudos científicos da composição florística nesta área, foi desenvolvido este estudo que teve como objetivo realizar o levantamento florístico do componente arbustivo-arbóreo na APAM Rio Manso, localizada no município de Couto de Magalhães de Minas/MG, bem como identificar quais as fitofisionomias de maior riqueza em espécies e analisar o grau de conservação das mesmas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na APAM Rio Manso, localizada no município de Couto de Magalhães de Minas, região do Alto Jequitinhonha, no estado de Minas Gerais (Figura 1).



Figura 1 – Localização e extensão territorial da APAM Rio Manso em Couto de Magalhães de Minas/MG.

Delimitação do município. Fonte: GOOGLE EARTH, 2019.

Delimitação da APAM. Fonte: EMATER; UNCOP, 2011.

A APAM Rio Manso possui uma área de 8.933 hectares e geograficamente está localizada entre as coordenadas 43° 20' 17" e 43° 28' 12" de Longitude Oeste e 18° 08' 20" e 18° 14' 58" de Latitude Sul. Ela faz limite com outras duas UC: o Parque Estadual do Rio Preto e a APA das Águas Vertentes, ambas de gestão estadual (EMATER; UNCOP, 2011).

O clima nesta área, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, é o tipo AW, clima de savana tropical. Este é caracterizado por apresentar duas estações bem definidas: chuvosa no verão e seca no inverno, precipitações média de 1296 mm/ano, temperatura média de 21,5° C e temperatura média do mês mais frio superior a 18°C (CLIMATE-DATA.ORG, 2019).

A APAM está inserida na região fitoecológica correspondente ao Cerrado e possui ampla variação de fitofisionomias, como Matas de Galeria e Cerradão (formação florestal), Cerrado *stricto sensu* (formação savânica), Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo (formação campestre) (Figura 2).



Figura 2 - Vista geral e interna de diferentes fitofisionomias existentes na APAM Rio Manso.

A: Vista geral da região Nordeste da APAM. **B:** Vista geral do Sudeste da APAM. **C:** Transição de Cerrado Restrito para Campo Rupestre. **D:** Campo Limpo e afloramento rochoso (Vargem Grande) ao norte da APAM. **E:** Vista interna da estrada de acesso às Abóboras. **F:** Vista geral da Serra da Vargem Grande, que demarca a divisa da APAM com o Parque Estadual do Rio Preto.

Fonte: Arquivo pessoal de Tiago Henrique Costa, 2019; APAM Rio Manso, 2017.

Geomorfologicamente ela faz parte da área de Serras, Patamares e Escarpas do Espinhaço e sua rede hidrográfica pertence à Bacia do Rio Jequitinhonha sendo composta por grande quantidade de rios, córregos e ribeirões, possuindo mais de 100 nascentes (EMATER; UNCOP, 2011). O seu principal rio é o Rio Manso, fato este que culminou no nome dado a APAM.

Quanto à ocupação humana, dentro da APAM Rio Manso existe uma única comunidade rural denominada Abóbora que é formada por 15 propriedades, onde residem 35 moradores, e tem como principal atividade econômica a agropecuária. Nesta área também está localizada a sede administrativa da APAM.

Em relação ao levantamento florístico e identificação dos indivíduos, por possuir uma área muito extensa, a amostragem da vegetação arbustivo-arbórea foi realizada numa área equivalente a 10% da área total da APAM Rio Manso de forma que não houvesse perda da representatividade (Figura 3).

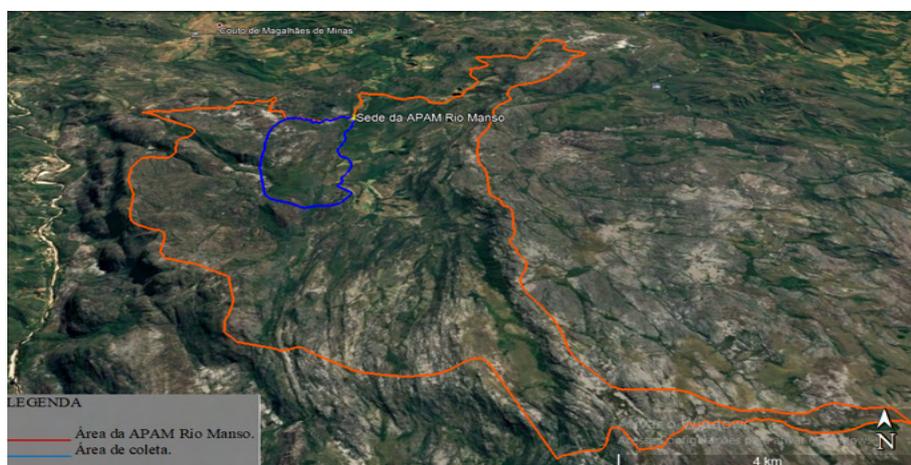


Figura 3 – Delimitação da área total da APAM Rio Manso, Couto de Magalhães de Minas/MG, com a demarcação da contemplada na amostragem da vegetação arbustivo-arbórea.

Delimitação da área da APAM. Fonte: EMATER; UNCOP, 2011.

Delimitação da área da coleta. Fonte: Do autor, 2019.

Nesta amostragem foi contemplado o compartimento arbustivo e arbóreo e se baseou no método qualitativo de caminhamento aleatório proposto por Filgueiras *et al.* (1994). Este método consiste em três etapas principais: reconhecimento das fitofisionomias, elaboração da lista de espécies encontradas e análise dos dados a partir da organização e processamento dos mesmos em forma de tabelas e listas.

Estas caminhadas foram feitas entre outubro de 2018 a março de 2019, e em cada uma delas, que teve duração aproximada de seis horas, foram realizadas coletas de material botânico em pontos diferentes da área amostral, de modo a contemplar toda a

variação fitofisionômica existente nesta área da APAM.

O registro das espécies amostradas foi realizado utilizando-se uma ficha de campo elaborada por Ferreira (2006) onde foram anotadas as características referentes ao hábito, base do fuste, fuste, casca, alborno, exsudado, folhas, flores e frutos de cada material coletado. Além disso, foram registradas as fitofisionomias e as coordenadas geográficas, com uso de GPS, do local em que cada indivíduo foi encontrado. Tais anotações foram tomadas porque são importantes para a identificação taxonômica dos indivíduos, podendo algumas delas, serem perdidas durante a coleta e herborização.

Os materiais botânicos das espécies que não foram identificadas *in situ* foram coletados com o auxílio de tesoura de poda, faca e facão e acondicionados em sacos plásticos para posterior processo de herborização. Este foi feito seguindo protocolos clássicos, onde cada indivíduo foi colocado entre jornais e papelões e acondicionados em uma prensa de madeira para secagem. Durante as caminhadas, foi realizado registro fotográfico de alguns ambientes da área e espécies amostradas, assim como das atividades de campo (Figura 4).

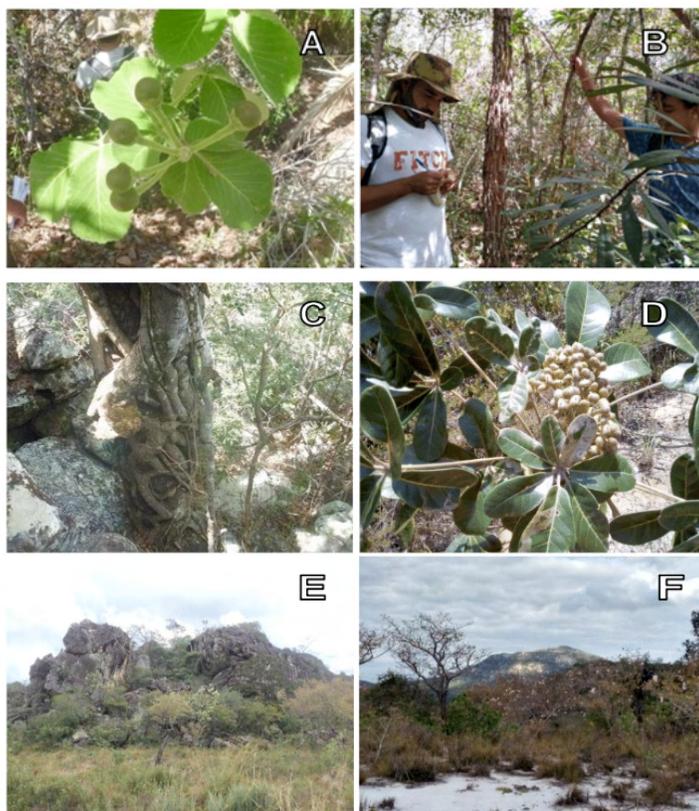




Figura 4 – Registros realizados durante o levantamento florístico na APAM Rio Manso.

A: *Caryocar brasiliense* Cambess. **B:** Coleta de amostras botânicas. **C:** *Ficus gameleira* Standl **D:** *Schefflera macrocarpa* (Cham. & Schltdl.) Frodin. **E:** Campo Limpo e Rupestre **F:** Transição de Cerrado *Stricto Sensu* e Campo Sujo. **G:** Vista interna da vegetação da APAM.

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2019.

Os indivíduos coletados foram identificados por meio de consulta a especialistas, bibliografias específicas e acervo do Herbário Dendrológico Jeanine Felfili (HDJF) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Todas as espécies registradas no presente estudo foram classificadas em família, gênero e espécies seguindo o sistema de classificação APG IV publicado pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG, 2016).

A descrição da riqueza florística foi realizada por meio do quantitativo total de gênero, família e espécie. Foi avaliado também número de espécies por hábito, substrato (podendo ser solo, entre rocha ou nos dois substratos - solo e entre rocha) e grau de conservação das espécies, além da fitofisionomia onde as mesmas foram encontradas.

O grau de conservação das espécies identificadas em nível específico foi realizado considerando a “Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção” por meio do banco de dados disponíveis no site Flora do Brasil 2020 do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, e foram coletadas em novembro de 2019. Elas foram avaliadas e classificadas em uma dessas cinco categorias de ameaça: Em Perigo (EM - inclui espécies que enfrentam um risco muito elevado de extinção na natureza); Vulnerável (VU - engloba espécies que enfrentam um risco de extinção elevado na natureza); Quase Ameaçada (NT - formada por espécies que não estão ameaçadas no momento, mas que estão perto ou susceptíveis de se classificarem em uma das categorias de ameaça); Pouco Preocupante (LC - abrange espécies que não estão em ameaça) e Não Avaliada (NE - inclui espécies que ainda não foram avaliadas quanto ao risco de extinção, podendo estar ou não sob risco) (CNCFLORA, 2012).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram coletados 87 indivíduos, sendo 84 espécies identificadas e três não identificadas (estas, portanto, não foram incluídas nos resultados do estudo). As espécies identificadas estavam distribuídas em 29 famílias e 58 gêneros (Tabela 1). Além disso, 52 espécies foram identificadas em nível específico, 20 apenas em gênero e 12 somente em família.

Família/Espécie	Hábito		Substrato			GC	Fitofisionomia
	Arb	Árv	S	R	S/R		
Anacardiaceae							
Sp.1		X	X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Annonaceae							
<i>Duguetia furfuracea</i> (A.St.-Hill) Saff.		X	X			NE	Campo Sujo
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.		X	X			LC	Campo Sujo
<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.		X	X			NE	Campo Rupestre
Apocynaceae							
<i>Aspidosperma dispernum</i> Müll. Arg.		X		X		NE	Campo Rupestre
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes		X		X		NE	Campo Rupestre
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson		X	X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Himatanthus</i> sp.		X	X				Campo Rupestre
Sp.1		X	X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Aquifoliaceae							
<i>Ilex</i> sp.	X			X			Cerradão
Araliaceae							
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltl.) Frodin		X	X			NE	Campo Rupestre
Asteraceae							
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	X			X		NE	Campo Rupestre
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) Macleish		X	X			NE	Campo Rupestre
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.		X	X			NE	Campo Rupestre
Sp. 3	X		X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Sp. 1	X		X				Campo Limpo
Sp. 2	X		X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Vernonia</i> sp.	X			X			Campo Rupestre
<i>Wunderlichia mirabilis</i> Riedel ex Baker	X			X		NE	Campo Sujo
Calophyllaceae							
<i>Calophyllum brasiliense</i> Britt		X	X			NE	Campo Rupestre
<i>Kielmeyera</i> sp.	X		X				Campo Limpo
Carecaceae							
<i>Vasconcellea</i> sp.		X		X			Campo Rupestre

Família/Espécie	Hábito		Substrato			GC	Fitofisionomia
	Arb	Árv	S	R	S/R		
Caryocaraceae							
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.		X	X			LC	Campo Sujo
Celastraceae							
<i>Maytenus</i> sp.		X	X				Campo Rupestre
<i>Maytenus</i> sp. 2	X		X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Salacia elliptica</i> (Mart.) G. Don	X		X			NE	Cerradão
Combretaceae							
<i>Buchenavia tomentosa</i> Eichler.		X			X	NE	Campo Rupestre
Ebenaceae							
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.		X	X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Erythroxylaceae							
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.- Hil	X		X			NE	Campo Sujo
<i>Erythroxylum</i> sp.		X	X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.		X	X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Fabaceae							
<i>Chamaecrista orbiculata</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby.	X			X		NE	Campo Rupestre
<i>Chamaecrista</i> sp.	X		X				Campo Limpo
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf		X		X		NE	Campo Rupestre
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	X			X		NE	Campo Sujo
<i>Hymenaea courbaril</i> L.		X		X		LC	Campo Rupestre
<i>Melanoxylon brauna</i> Schott		X	X			VU	Campo Rupestre
<i>Plathymenia reticulada</i> Benth.		X		X		LC	Campo Rupestre
<i>Platypodium elegans</i> Vogel.		X		X		NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Senna</i> sp.	X		X				Campo Limpo
Sp. 1		X	X				Campo Rupestre
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville		X	X			LC	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.		X	X			NE	Campo Sujo
Lamiaceae							
<i>Aegiphila lhotzkiana</i> Cham.		X	X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Hyptis</i> sp.	X		X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Lauraceae							
<i>Ocotea</i> sp. 2		X	X				Campo Rupestre
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer		X	X			EM	Cerradão
<i>Ocotea</i> sp.		X	X				Campo Rupestre
<i>Persea rufotomentosa</i> Nees & Mart.	X			X		NT	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Lytraceae							
<i>Lafoensia pacari</i> St.-Hil.		X	X			LC	Campo Sujo
Malpighiaceae							
<i>Banisteriopsis</i> sp.	X		X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>

Família/Espécie	Hábito		Substrato			GC	Fitofisionomia
	Arb	Árv	S	R	S/R		
<i>Byrsonima spinensis</i> W.R.Anderson.		X	X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Sp. 1	X		X				Campo Sujo
Melastomataceae							
<i>Desmoscelis villosa</i> (Aubl.) Naudin	X			X		NE	Cerradão
<i>Fritschia</i> sp.	X			X			Campo Rupestre
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana		X			X	NE	Campo Rupestre
<i>Microlicia</i> sp.	X		X				Campo Sujo
Sp. 1	X		X				Campo Limpo
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	X			X		NE	Campo Rupestre
<i>Tococa guianensis</i> Aubl.	X		X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Meliaceae							
<i>Cabralea cangerana</i> Saldanha	X		X			NE	Campo Rupestre
<i>Guarea guidonia</i> (L) Sleumer		X	X			NE	Campo Rupestre
<i>Trichilia</i> sp.	X			X			Campo Rupestre
Moraceae							
<i>Ficus gameleira</i> Standl		X		X		NE	Campo Rupestre
Myrtaceae							
<i>Eugenia capparidifolia</i> DC.	X			X		NE	Campo Rupestre
<i>Eugenia involucrata</i> DC	X			X		NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Eugenia uniflora</i> L.	X		X			NE	Campo Rupestre
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.		X	X			NE	Campo Rupestre
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	X		X			LC	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Plinia nana</i> Sobral	X		X			VU	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Psidium</i> sp.	X		X				Campo Sujo
Sp. 1	X		X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Psidium</i> sp.2	X			X			Campo Rupestre
Opiliaceae							
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	X		X			NE	Cerradão
Peraceae							
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.		X	X			NE	Cerradão
Phyllanthaceae							
<i>Phyllanthus</i> sp.	X		X				Campo Rupestre
Proteaceae							
<i>Roupala montana</i> Klotzsch	X				X	NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Rubiaceae							
Sp. 1		X	X				Campo Sujo
Sp. 2		X	X				Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
Velloziaceae							
<i>Vellozia fibrosa</i> Goethart & Henrard.	X			X		NE	Campo Rupestre

Família/Espécie	Hábito		Substrato			GC	Fitofisionomia
	Arb	Árv	S	R	S/R		
Vochysiaceae							
Sp.1		X		X			Campo Rupestre
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.		X			X	NE	Campo Sujo
<i>Vochysia discolor</i> Warm.		X	X			NE	Cerrado <i>Stricto Sensu</i>
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart		X	X			NE	Campo Rupestre

Tabela 1 - Relação das famílias e espécies identificadas no levantamento florístico realizado na APAM Rio Manso em Couto de Magalhães de Minas/MG. As espécies foram classificadas de acordo com o seu hábito preferencial, substrato e fitofisionomia amostrada, além do grau de conservação. Arb. = Arbusto; Árv. = Árvore; S. = Solo; R. = Entre Rocha; S/R = Solo e Entre Rocha; GC = Grau de Conservação; NE = Não Avaliada; LC = Pouco Preocupante; NT = Quase Ameaçada; VU = Vulnerável; EM = Em Perigo.

Fonte: Do autor, 2019.

Das 29 famílias identificadas, as mais representativas em número de espécies foram a Fabaceae com 12 espécies (14,29%), Myrtaceae com nove espécies (10,72%), Asteraceae com oito espécies (9,52%), Melastomataceae com sete espécies (8,33%), Apocynaceae com cinco espécies (5,95%), Lauracea e Vochysiaceae com quatro espécies cada (4,76% cada). Essas sete famílias juntas representam mais da metade (58,33%) do número total de espécies, o que demonstra a importância das mesmas na riqueza florística da APAM Rio Manso.

Por outro lado catorze famílias (Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Carecaceae, Caryocaraceae, Combretaceae, Ebenaceae, Lytracae, Moraceae, Opiliaceae, Peraceae, Phyllanthaceae, Proteaceae e Velloziaceae) foram representadas por uma única espécie e totalizaram 16,67% do número de espécies.

Foresto (2008) em seu estudo do compartimento arbustivo e arbóreo realizado em área de transição entre Mata de Galeria e Campos Rupestres no Parque Estadual do Rio Preto observou que as dez famílias com a maior riqueza em espécies foram: Melastomataceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Fabaceae, Annonaceae, Vochysiaceae, Lauraceae, Asteraceae, Malpighiaceae e Myrsinaceae. Percebeu-se que este resultado é bem próximo ao encontrado no presente estudo, uma vez que seis das sete famílias mais representativas da APAM Rio Manso também esteve entre as mais representativas do Parque Estadual do Rio Preto, o que só reforça a importância que estas famílias apresentam para o Cerrado da região. Ainda, é importante ressaltar que Fabaceae e Myrtaceae também estiveram entre as famílias com a maior riqueza de espécies em outras áreas de Cerrado do país como nas pesquisas de Lima, Rando e Barreto (2015); Costa, Cunha e Costa (2010); Souza *et al.* (2008); Campos *et al.* (2006); Neri (2003).

Além disso, a Fabaceae assim como no presente estudo, foi citada como a família de maior representatividade de espécies nos levantamentos florísticos em áreas de Cerrado

realizados por Pizoletto *et al.* (2018), Dias (2018), Almeida *et al.* (2014) e Neto, Cassiolato e Santos (2015). Esta grande representatividade da Fabaceae nas áreas deste bioma pode ser explicada pelo fato desta família possuir maior adaptação em regiões de baixo teor de nitrogênio devido a capacidade de nodulação de suas espécies (CORDEIRO, 2002). Ainda segundo este autor, essa característica confere as plantas desta família uma vantagem em relação às outras espécies no Cerrado, isto porque o solo deste bioma, na maior parte das vezes, é pobre em nutrientes.

Entre os gêneros, dos 58 identificados, os que apresentaram maior número de espécies foram *Eugenia*, *Erythroxylum* e *Ocotea* com três espécies cada e *Xylopia*, *Himatanthus*, *Eremanthus*, *Maytenus*, *Myrcia*, *Chamaecrista*, *Psidium* e *Vochysia* com duas espécies cada. Os demais gêneros foram representados por uma única espécie.

Os gêneros mais representativos desse levantamento florístico também estavam presentes em outros estudos realizados no Cerrado como o de Campos *et al.* (2006) e Lima, Rando e Barreto (2015), onde foram citados os gêneros *Eugenia*, *Erythroxylum* e *Myrcia* entre os que tinham maior número de espécies, e de Almeida *et al.* (2014) que teve *Erythroxylum* e *Vochysia* como os mais expressivos.

Em relação ao hábito, o com maior número de espécies foi o arbóreo com 45, representando 53,57% das espécies totais. As outras 39 espécies foram classificadas como arbustos, o que representou 46,43% das espécies totais.

Outros estudos realizados em áreas de Cerrado também obtiveram a maioria de espécies caracterizadas como arbóreas. Entre eles encontram-se os levantamentos florísticos de Dias (2018), o de Zuanny *et al.* (2007) e o de Costa, Cunha e Costa (2010).

Das sete famílias citadas anteriormente como as mais representativas quanto ao número de espécies, as Apocynaceae e Vochysiaceae dispõem de indivíduos exclusivamente de hábito arbóreo. A Melastomataceae e Myrtaceae, por sua vez, possuem apenas uma espécie arbórea, tendo como hábito preferencial o arbustivo com seis e oito espécies respectivamente. Já a Lauraceae detém três espécies arbóreas e um arbusto.

As outras duas famílias, dentre as mais representativas deste levantamento, possuem mais de uma espécie em cada hábito. A Asteraceae dispõe de seis espécies arbustivas e duas arbóreas, enquanto a Fabaceae de quatro espécies na forma de arbusto e oito na de árvore.

No que se refere ao substrato, no solo foram coletadas 56 espécies que representam 66,67% das espécies totais e entre rocha foram coletadas 24 espécies (28,57%). Já as espécies coletadas nos dois substratos simultaneamente foram apenas quatro que equivalem a 4,76% das espécies totais. Esses dados indicam que boa parte das espécies amostradas (95,24%) apresentou hábitat preferencial com relação ao tipo de substrato, uma vez que ocorrem exclusivamente em um tipo.

Segundo Coelho *et al.* (2013) o solo atua como meio natural para o crescimento dos vegetais, sendo responsável por fornecer suporte mecânico aos mesmos e por prover água

e nutrientes para as suas raízes (que posteriormente os distribuem para a planta inteira), assim sendo acredita-se que as espécies que apresentaram preferência por esse tipo de substrato podem demandar mais nutrientes e água para suas necessidades vitais ou que possuam raízes mais profundas necessárias a sua ancoragem.

Por outro lado, na rocha os nutrientes são escassos e a água, geralmente, escorre rapidamente o que faz com que as espécies ali presentes cresçam devagar. Além disso, também existe, para as espécies que preferam esse tipo de substrato, maior dificuldade na fixação das mesmas que pode ser explicado, por exemplo, pelo fato das sementes ficarem secas ou serem levadas pela enxurrada (RIBEIRO, 2013).

Portanto, a rocha se torna um ambiente que dificulta o crescimento das espécies, exigindo muitas vezes adaptações para que as mesmas se fixem e sobrevivam. Já o solo se apresenta como um ambiente favorável ao crescimento das espécies vegetais o que explica a preferência das mesmas por este substrato. Isto talvez justifique que, embora algumas espécies tenham preferido esse ambiente, estas representam pequena porção (28,57%) do total amostrado.

Outro aspecto que não se deve deixar de considerar é que, embora os dados sugiram que essas espécies tenham preferência por esse tipo de ambiente, não se pode descartar que a sua ocorrência exclusiva nesse substrato esteja mais relacionada ao fato destas se estabelecerem lá, não porque o preferem, mas porque não são capazes de competir com as outras espécies que ocorrem em substrato de solo, que apresentam melhores condições de desenvolvimento. Assim sendo, a inexistência destas espécies em áreas com solo se daria por exclusão competitiva.

Quanto as fitofisionomias, seguindo a classificação de Ribeiro e Walter (2008), foram observadas e identificadas na APAM Rio manso durante o levantamento florístico os Campo Sujo, Campo Rupestre, Campo Limpo, Cerradão e Cerrado *Stricto Sensu*.

A maioria das espécies (36 spp.) foram encontradas no Campo Rupestre e representam 42,86% das espécies totais. Por outro lado, o Campo Limpo apresentou o menor número de espécies (apenas 5 spp.) que simbolizam 5,95% das espécies totais. As outras fitofisionomias tiveram as seguintes representatividades em relação ao número total de espécies: Cerrado *Stricto Sensu* 28,57% (24 spp.), Campo Sujo 15,48% (13 spp.) e Cerradão 7,14% (6 spp.).

A Serra do Espinhaço compreende um conjunto de serras que se estende do Quadrilátero Ferrífero na região centro-sul de Minas Gerais até a Chapada Diamantina no estado da Bahia. Esta tem como destaque em sua paisagem a presença de uma vegetação antiga denominada Campo Rupestre que é marcada por possuir grande diversidade de espécies vegetais, inclusive com elevado número de espécies endêmicas, e por conter grande riqueza de recursos hídricos (AZEVEDO *et al.*, 2009). Assim sendo, a APAM Rio Manso apresentou grande área de Campo Rupestre por estar inserida em uma porção da Serra do Espinhaço, e esta ser uma fitofisionomia com ampla distribuição nesta área.

No entanto, não se pode descartar também que essa elevada representatividade dos Campos Rupestres ocorra em função do trecho específico da APAM que foi amostrado.

No que diz respeito ao grau de conservação, a maioria das espécies (41 spp.) foram classificadas como NE e representam, portanto, 78,85% das espécies identificadas em nível específico. A categoria LC está representada por sete espécies que equivale a 13,46% e a NT por uma única espécie que simboliza 1,92%. Três espécies foram classificadas como ameaçadas de extinção, estando na categoria VU (2 spp./3,85%) e EM (1 sp./1,92%).

As espécies classificadas como NE não permitem a avaliação do grau de conservação de mais de $\frac{3}{4}$ (três quartos) das espécies identificadas a nível específico. Este dado é preocupante já que algumas dessas espécies podem estar em risco de extinção e não serem categorizadas corretamente devido a mesma ainda não ter sido submetida aos critérios de avaliação de risco. Isto pode prejudicar na conservação dessas espécies, uma vez que ações que poderiam ser tomadas para evitar a sua extinção não serão planejadas e implementadas de maneira imediata.

Já quando considerado as sete espécies categorizadas como LC, embora estas não possuam risco de extinção, devem ser adotadas ações voltadas para conservação das mesmas a fim de manter a sua permanência nessa categoria evitando, assim, futuras degradações.

A única espécie que está quase ameaçada de extinção, portanto classificada como NT, foi a *Persea rufotomentosa* Nees & Mart., da família Lauraceae. Ela é nativa e endêmica do Brasil e se distribui tanto no Cerrado como na Mata Atlântica (FLORA DO BRASIL 2020, 2019). Embora, ainda, não esteja em ameaça de extinção, a sua situação é de grande preocupação uma vez que a sua mudança para uma categoria de extinção pode ocorrer a qualquer momento. Assim, é importante que sejam tomadas medidas que visem a proteção da mesma a fim de evitar a sua entrada na lista de espécies com risco de serem extintas no país e no mundo, já que se trata de uma espécie endêmica.

Por fim, as três espécies consideradas ameaçadas de extinção foram classificadas em duas categorias diferentes, a VU e a EM. A *Melanoxylon brauna* Schott e a *Plinia nana* Sobral das famílias Fabaceae e Myrtaceae, respectivamente, foram englobadas como VU e a *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, da família Lauraceae, foi identificada como EM. Estas espécies são nativas e endêmicas do Brasil (FLORA DO BRASIL 2020, 2019) e por estarem em risco de extinção devem ser formuladas estratégias imediatas que resultem na conservação e restauração das mesmas com objetivo de evitar a sua extinção na natureza.

A definição de metas e ações que reduzam o risco de extinção dessas espécies devem ser propostas de forma integrada entre a comunidade local, APAM e os institutos de pesquisa, e entre elas pode-se citar a realização de atividades voltadas para manejo de populações, habitats e paisagens destas espécies e a conscientização da população por meio de cursos e palestras que visam às práticas sustentáveis dos recursos ambientais (POUGY, 2015). Além disso, estudos populacionais podem ser feitos a fim de garantir a

compreensão sobre os processos reprodutivos das mesmas e conseqüentemente a sua manutenção.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do levantamento florístico permitiu encontrar considerável riqueza florística na APAM Rio Manso com a identificação de 84 espécies distribuídas em 29 famílias e 58 gêneros. As famílias Fabaceae, Myrtaceae, Asteraceae, Melastomataceae, Apocynaceae, Lauraceae e Vochysiaceae foram as mais representativas em número de espécies, representando juntas mais da metade da riqueza em espécies desta APAM.

Quando avaliado as fitofisionomias observadas na área fica claro que a APAM Rio Manso é uma UC de grande importância para a conservação do Cerrado na região uma vez que abrigou grande variação das fisionomias deste bioma e conseqüentemente de sua riqueza.

Em relação ao grau de conservação das espécies, a flora desta APAM apresentou três espécies ameaçadas de extinção, a saber: a *Melanoxylon brauna* Schott, *Plinia nana* Sobral e *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. Informações dessa natureza podem contribuir para o planejamento de ações que diminuam o risco de extinção destas e de outras espécies, e conseqüentemente, garantindo a sua sobrevivência.

Além disso, a identificação das espécies vegetais presentes na APAM Rio Manso e de outras características como hábito, substrato, fitofisionomia e grau de conservação, permitiu um amplo conhecimento sobre a flora desta área e conseqüentemente a percepção da sua grande riqueza florística.

Os resultados deste estudo ainda indicam que a APAM Rio Manso vem alcançando o objetivo proposto em sua criação que é o de proteger o meio natural de uma porção relevante da Serra do Espinhaço Meridional, compartilhando áreas de produção sustentáveis de agricultura e pecuária, e ainda assim, apresentando considerável riqueza florística, reafirmando a importância da sua preservação e conservação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F.; FAGG, C. W.; OLIVEIRA, M. C.; MUNHOZ, C. B. R.; LIMA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. B. **Mudanças florísticas e estruturais no cerrado *sensu stricto* ao longo de 27 anos (1985-2012) na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF.** Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 65, n. 1, p. 001-019, 2014.

APG. **An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV.** Botanical Journal of the Linnean Society, v.181, p. 1-20, maio 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>. Acesso em: 25 jun. 2019.

AZEVEDO, A. A.; GOULART, M. F.; SILVA, J. A.; VILHENA, C. F. **Mosaico de Unidades de Conservação do Espinhaço: Alto do Jequitinhonha – Serra do Cabral.** Diamantina: Instituto Biotrópicos, 2009. 55 p.

BRASIL. **Lei 9.985, de 18 de Julho de 2000.** Dispõe Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 22 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: Cerrado.** Brasília: MMA, 2011. 200 p.

CAMPOS, E. P.; DUARTE, T. G.; NERI, A. V.; SILVA, A. F.; NETO, J. A. A. M.; VALENTE, G. E. **Composição florística de um trecho de Cerradão e Cerrado Sensu Stricto e sua relação com o solo na Floresta Nacional de Paraopeba, MG, Brasil.** Rev. Árvore, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 471-479, fev. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000300018>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A.; MARACAJÁ, P. B. **A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas.** Revista ACSA, Agropecuária Científica no Semiárido, v. 9, n. 2, p. 43-48, abr - jun 2013.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima de Couto de Magalhães de Minas.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/couto-de-magalhaes-de-minas-176215/>. Acesso em: 03 nov. 2019.

CNCFLOTA. Centro Nacional de Conservação da Flora. **Manual Operacional: Avaliação de Risco de Extinção das Espécies da Flora Brasileira.** Rio de Janeiro: Dantes/JBRJ/CNCFloTA, 2012. 63 p.

CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação/Ministério do Meio Ambiente. **Tabela Consolidada das Unidades de Conservação.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs/dados-consolidados.html>. Acesso em: 24 out. 2019.

COELHO, M. R.; FIDALGO, E. C. C.; SANTOS, H. G.; BREFIN, M. L. M. S.; PEREZ, D. V. **Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas.** In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STUMER, S. L. O ecossistema o solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. Lavras/MG: UFLA, 2013. p. 45-62.

CORDEIRO, L. **Fixação de nitrogênio em leguminosas ocorrentes no cerrado.** In: KLEIN, A. L. (org.). Eugen Warming e o Cerrado brasileiro: um século depois. São Paulo: UNESP, Imprensa Oficial do Estado, 2002. p. 131-145.

COSTA, C. P.; CUNHA, C. N.; COSTA, S. C. **Caracterização da flora e estrutura do estrato arbustivo-arbóreo de um cerrado no Pantanal de Poconé, MT.** Biota Neotropica, Campinas, v. 10, n. 3, p. 61-73, jul. 2010. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/en/abstract?article+bn01110032010>. Acesso em 14 nov. 2019.

DIAS, A. G. **Levantamento florístico em duas trilhas no Parque Estadual do Pau Furado, Uberlândia, Minas Gerais.** 2018. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas). Instituto de Biologia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

EMATER; UNCOP. Empresa Brasileira Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais; Unidade de Consultoria e Projetos. **Área de Proteção Ambiental: APA do Rio Manso.** Couto de Magalhães de Minas: EMATER/UNCOP, 2001.

FERREIRA, G. C. **Diretrizes para coleta, herborização e identificação de material botânico nas Parcelas Permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Manaus: GT Monitoramento de Florestas/IBAMA/MMA, 2006. 43 p.

FILGUEIRAS, T. S.; BROCHADO, A. L.; NOGUEIRA, P. E.; GUALA II, G. F. **Caminhamento**: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. In: Cadernos de Geociências. N.12. Rio de Janeiro: IBGE, 1994. p. 39–43.

FLORA DO BRASIL 2020. (em construção). **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 01 nov. 2019.

FORESTO, E. B. **Levantamento florístico dos estratos arbustivo e arbóreo de uma mata de galeria em meio a campos rupestres no Parque Estadual do Rio Preto, São Gonçalo do Rio Preto, MG**. 2008. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GOOGLE EARTH. **Figura 1**. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 17 nov. 2019.

GONÇALVES, D. L. **Monitoramento de Áreas de Proteção Ambiental através de indicadores de sustentabilidade**. 2014. 307 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) versão corrigida – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/todos-os-produtos-geociencias/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 22 out. 2019.

LEI N° 503, de 05 de outubro 2001. **Cria a Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Manso e define o seu Zoneamento Ambiental (Ecológico-Econômico), no município de Couto de Magalhães de Minas-MG**. Prefeitura Municipal de Couto de Magalhães de Minas/MG, Poder Legislativo Municipal, Couto de Magalhães de Minas, MG, 05 de out. 2001.

LIMA, R. A. F.; RANDO, J. G.; BARRETO, K. D. **Composição e diversidade no Cerrado do leste de Mato Grosso do Sul, Brasil**. Rev. Árvore, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 9-24, fev. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/010067622015000100002>. Acesso em: 24 set. 2019.

MARTINS, F. R. **Atributos de comunidades vegetais**. Quid, Teresina, v.9, p.12-17, 1990. (APUD)

MEDEIROS, J. D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies** (Série Biodiversidade, 43). Brasília: MMA/SBF, 2011. 532 p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite – Cerrado**. Brasília: MMA/IBAMA, 2015. 16 p. Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCerrado/Relat_orio%20Tecnico_Bioma%20Cerrado_2011vfinal.pdf. Acesso em: 19 out. 2019.

NERI, A. V. **Composição florística e estrutura de uma área de Cerrado no município de Senador Modestino Gonçalves e análise comparativa de Cerrado em Minas Gerais**. 2003. 69 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

NETO, M. J.; CASSIOLATO, A. M. R.; SANTOS, R. M. **Levantamento florístico de um remanescente de Cerrado em área urbana de Três Lagoas-MS, Brasil.** In: XI Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 3, p. 33-48, 2015.

PIZOLETTO, J. A. V.; SOSSAE, F. C.; NORDI, O.; ALONSO, M.; QUEDA, O.; FERRAZ, J. M. G.; RIBEIRO, M. L. **Levantamento Florístico e Fitossociológico de Fragmentos de Cerrado do Instituto Florestal no município de Araraquara-SP.** Revista Brasileira Multidisciplinar, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 86-101, set. 2018.

POUGY, N.; VERDI, M.; MARTINS, E.; LOYOLA, R.; MARTINELLI, G. (Org.). **Plano de ação nacional para a conservação da flora ameaçada de extinção da Serra do Espinhaço Meridional.** Rio de Janeiro: CNCFlora/Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Laboratório de Biogeografia da Conservação/ Andrea Jakobsson Estúdio, 2015. 100 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado.** In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (editores.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

RIBEIRO, K. T. **Algumas características das plantas sobre as rochas.** CBME: 2013. Disponível em: http://www.cbme.org.br/novo/wpcontent/uploads/2017/01/caracteristicas_plantas_sobre_rochas.pdf. Acesso em: 18 nov.2019.

SOUZA, P. B.; ALVES, J. A.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L. **Composição florística da vegetação arbórea de um remanescente de Cerradão, Paraobepa, Minas Gerais.** Revista Árvore, Viçosa, v.32, n.4, p.781-790, 2008.

ZUANY, L. V.; PRATES, E. M. B.; FRANCO, M. P. M.; GALHARDO, I. C.; ALBURQUERQUE, R. W.; CARVALHO, S. M. F. **Levantamento florístico de uma área de Cerrado da Universidade de Brasília.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl.2, p. 801-803, jul. 2007.

DISSIMILARIDADE FLORÍSTICA ENTRE TRÊS FITOFISIONOMIAS DE CAATINGA

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 18/01/2022

Marlete Moreira Mendes Ivanov

Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Teresina, Piauí
<https://orcid.org/0000-0002-8537-3871>

Juliane de Sousa Santos

Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Bom Jesus, Piauí
<https://orcid.org/0000-0002-4459-5339>

Ramon de Sousa Leite

Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba, Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-3483-3161>

Daiane de Moura Borges Maria

Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba, Paraná
<https://orcid.org/0000-0003-4800-8362>

Mauro Alessandro Karasinski

Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba, Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-3522-4587>

RESUMO: As análises florísticas e fitossociológicas na Caatinga proporcionam um entendimento detalhado da diversidade de espécies vegetais e de como elas estão distribuídas em seus ambientes. Objetivou-se avaliar três diferentes fitofisionomias de Caatinga, em termos de composição e estrutura da flora e dos índices ecológicos. As áreas

selecionadas foram: mata ciliar (MC), Caatinga arbustiva (CAR) e Caatinga arbórea (CAB). Foram instaladas 10 parcelas de 10x20m em cada fitofisionomia. Adotou-se como critério de inclusão árvores com circunferência à altura do peito (CAP) $\geq 6,0$ cm e altura $\geq 1,5$ m. Os espécimes amostrados foram identificados ao nível de espécie, quando possível. Os índices ecológicos foram calculados. Foram encontradas, no total, 45 espécies arbustivas/ arbóreas, distribuídas em 19 famílias, sendo 25 espécies na MC, 26 espécies na CAR e 22 na CAB. A família Fabaceae foi a melhor representada em número de espécies. As espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI) foram: *Bauhinia unguolata* (na MC), *Mimosa verrucosa* (na CAR) e *Annona leptopetala* (na CAB). Os valores obtidos para o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foram de 2,46 (para a MC), 2,37 (CAR) e 2,21 nats. ind.⁻¹ (CAB). Os valores do índice de similaridade de Sorensen foram de 0,52 (MC x CAR) e 0,50 (MC x CAB) o que representa baixa similaridade entre as áreas. Alta similaridade foi encontrada entre CAB e CAR (0,73). Houve apenas oito espécies comuns aos três ambientes. Nas fitofisionomias avaliadas foram encontradas tanto espécies típicas de Caatinga quanto espécies que ocorrem tanto em Caatinga quanto em Cerrado, demonstrando que, de fato, se trata de uma área de ecótono entre esses dois biomas.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga; Ecótono; Diversidade florística.

FLORISTIC DISSIMILARITY BETWEEN THREE CAATINGA PHYTOPHYSIOGNOMIES

ABSTRACT: Floristic and phytosociological analyses in the *Caatinga* provide a detailed understanding of the diversity of plant species and how they are distributed in their environments. The objective was to evaluate three different *Caatinga* phytophysiognomies, in terms of flora composition and structure and ecological indices. The selected areas were: riparian forest (RF), shrubby *Caatinga* (SC) and arboreal *Caatinga* (AC). 10 plots of 10x20m were installed in each physiognomy. Inclusion criteria were trees with circumference at breast height (CBH) \geq 6.0 cm and height \geq 1.5 m. Specimens sampled were identified to species level, when possible. Ecological indices were calculated. A total of 45 shrub/tree species were found, distributed in 19 families, 25 species in the RF, 26 species in the SC and 22 in the AC. The family Fabaceae was the best represented in number of species. The species with the highest Importance Value Index (IVI) were: *Bauhinia unguolata* (in RF), *Mimosa verrucosa* (in SC) e *Annona leptopetala* (in AC). The values obtained for the Shannon-Wiener diversity index (H') were 2.46 (for RF), 2.37 (SC) and 2.21 nats. ind.⁻¹ (AC). The values of Sorensen similarity index were 0.52 (RF x SC) and 0.50 (RF x AC), which represents low similarity between the areas. High similarity was found between AC and SC (0.73). There were only eight species common to the three environments. In the phytophysiognomies evaluated, both typical *Caatinga* species and species that occur in both *Caatinga* and *Cerrado* were found, demonstrating that, indeed, this is an ecotone area between these two biomes.

KEYWORDS: *Caatinga*; Ecotone; Floristic diversity.

1 | INTRODUÇÃO

A *Caatinga* é a vegetação típica da região tropical semiárida brasileira, com grande variabilidade espacial e temporal nas condições de precipitação, temperatura e evaporação (Chaves et al., 2008; Andrade, 2017). A vegetação da *Caatinga* apresenta três estratos distintos: o arbóreo, arbustivo e herbáceo, havendo predominância de plantas caducifólias, que perdem as suas folhas entre o final das chuvas e o início da estação seca, muitas das quais apresentam espinhos, microfilia e algumas características xerofíticas (Pereira-Filho; Bakke, 2010). As interações dos fatores abióticos com a vegetação promovem uma diversidade de ecossistemas, com as espécies organizadas de acordo com suas adaptações às respectivas condições, formando, assim, fitofisionomias em função das características edáficas, topográficas e climáticas (Prado, 2003; Sampaio, 1995).

Chaves et al. (2008) propuseram uma classificação morfoestrutural da *Caatinga* com base, entre outros aspectos, no porte das plantas, a saber: arbóreo (>4,5m de altura, subarbóreo (3 a 4,5m), arbustivo (1,5 a 3,0m) e subarbustivo (<1,5). Fitofisionomias de *Caatinga* com altura superior a 4,5m, segundo os autores, devem ser consideradas como Floresta. Tal informação remete à variedade de classificações da *Caatinga*, inclusive denominando-a como savana-estépica (Veloso et al., 1991), englobando a *Caatinga* do sertão árido, ou ainda como floresta tropical sazonalmente seca (Linares-Palomino et

al., 2011). Entretanto, é possível que as descrições destas denominações não abarquem as fitofisionomias das áreas de transição entre Caatinga e Cerrado, as quais suportam fitofisionomias bem diferenciadas, principalmente no que se refere à composição de espécies, abundância e porte dos indivíduos (Santos et al., 2007), sendo que em zona de ecótono podem estar presentes espécies de ambos os biomas envolvidos (Leitão et al., 2014; Veloso et al., 1991), levando a uma maior riqueza em espécies.

Apesar de que muitas espécies dos estratos arbóreo e arbustivo já são conhecidas, sendo catalogadas mais de 1.700 espécies vegetais (Andrade, 2017), é necessário que os mais diversos ecossistemas e fitofisionomias da Caatinga sejam investigados. Esse número de espécies catalogadas refere-se a levantamentos em uma gama de ecossistemas e a diferentes grupos vegetais, tendo em vista que a maioria dos levantamentos florísticos relata número inferior a 40 espécies lenhosas, como exemplo na transição Caatinga-Mata Atlântica, com 31 espécies (Leitão et al., 2014), em Caatinga subúmida, com 20 espécies (Pereira et al., 2002), e em mata ciliar, com 17 espécies (Trovão et al., 2010). Tais dados mostram que existe uma variedade considerável de ecossistemas no bioma, cada um com suas especificidades florísticas e fitossociológicas, com dominância por diferentes espécies em cada ambiente.

O município de Bom Jesus-PI fica situado em zona de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado. Na região podem ser observadas as fitofisionomias de Caatinga arbórea, arbustiva, rupestre e mata ciliar. Buscou-se com este estudo realizar análises florística, fitossociológica e de diversidade em três fragmentos de Caatinga: Mata Ciliar, Caatinga arbórea e Caatinga arbustiva. As hipóteses levantadas foram de que: 1) as três áreas apresentam espécies comuns entre si e espécies exclusivas; 2) apesar de serem todas as áreas fragmentos de Caatinga, existe baixa similaridade entre as mesmas; 3) por ser um ambiente com maior disponibilidade de água, a Mata Ciliar deve apresentar maior riqueza/diversidade do que as demais áreas e 4) por se tratar de ecótono, espécies de Cerrado devem estar presentes nos fragmentos de Caatinga.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Bom Jesus, Piauí, localizado na região sul do Estado, região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas 09°04'28" (latitude sul) e 44°21'31" (longitude oeste), estando a uma altitude de 273m a.n.m. O solo da área de estudo é um Latossolo Amarelo, com textura franca arenosa. O município é caracterizado por clima Tropical Semiárido Quente, com duração do período seco de seis meses e período chuvoso estendendo-se de novembro a maio (Fundação Cepro, 2001).

A pesquisa foi realizada em uma propriedade particular no povoado Lagoa do Barro (Figura 1), que abrange uma área de 480 hectares, na qual se observam mudanças na

vegetação em função da distância do rio e da altitude. Foram selecionadas três áreas de Caatinga para este estudo, as quais apresentam um gradiente de umidade e altitude desde as margens do rio: I - Área de Caatinga em que uma parte é inundada pelas cheias (Mata Ciliar – MC), com 260 m de altitude; II - Área plana com vegetação típica de Caatinga e dominância de arbustos, distante 220 metros do rio (Caatinga arbustiva – CAR), com 270 m de altitude; III – área com vegetação típica de Caatinga dominada por espécies arbóreas e solo mais seco, distante 1000 metros do rio (Caatinga arbórea - CAB), com 280 m de altitude. O pH do solo dos fragmentos é, respectivamente, $5,88\pm 0,28$, $4,76\pm 0,15$ e $4,41\pm 0,12$, valores diferindo pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Leite et al., 2019).

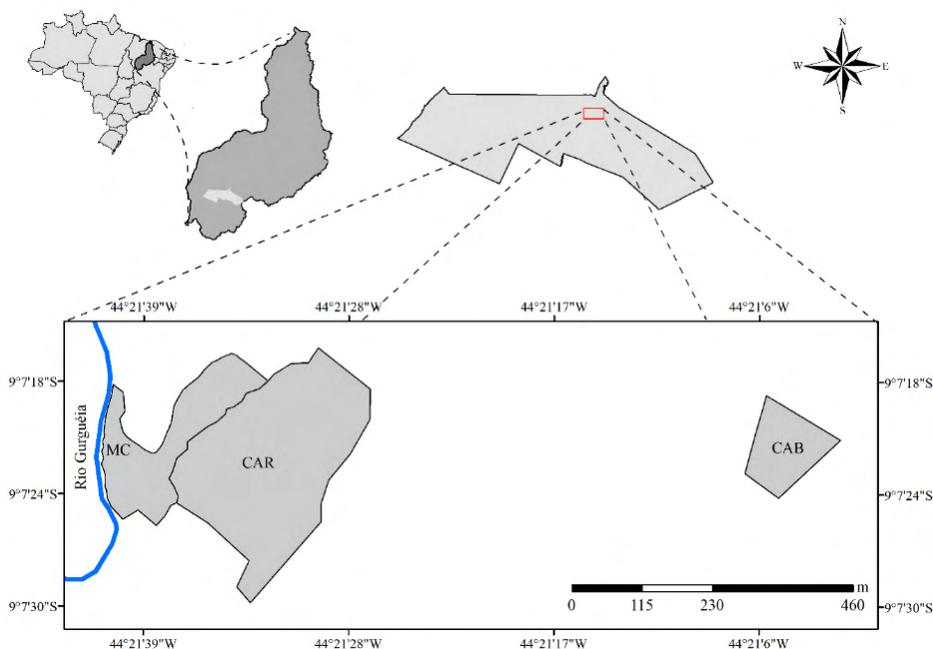


Figura 1 – Localização das áreas de estudo, Bom Jesus-PI. Mata Ciliar (MC), Caatinga arbustiva (CAR) e Caatinga arbórea (CAB)

2.2 Levantamento florístico

As coletas de material botânico foram realizadas mensalmente no período de abril a junho de 2016, sendo uma área por mês. Como critério de inclusão utilizou-se circunferência à altura do peito (CAP) $\geq 6,0$ cm e altura da planta $\geq 1,5$ m. 10 parcelas, medindo 10x20 m, foram estabelecidas em cada área, com distância de 20 m entre elas seguindo Rodal (1992). Para árvores bifurcadas foi utilizada a metodologia proposta por Scolforo e Melo (1997).

Após a coleta nas 10 parcelas foi elaborada a curva do coletor para verificar se a

amostragem foi suficiente. Foram coletados, de cada espécie, cinco exemplares floridos e/ou com frutos para determinação ao nível de espécie e posterior herborização. Os exemplares foram prensados ainda no campo, posteriormente secos e preparados para serem depositados no Herbário Vale do Gurgueia (HVG) da UFPI – Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus - PI. Para a determinação ao nível de espécie utilizou-se bibliografia especializada, comparação com outros exemplares já depositados no herbário de Bom Jesus, bem como consulta a especialistas, quando necessário. As espécies identificadas até epíteto específico foram classificadas como típicas de Cerrado ou não a partir das informações contidas no site Árvores do Bioma Cerrado (Pereira, 2021).

2.3 Índices fitossociológicos

Para a análise fitossociológica foram realizados os seguintes cálculos: Densidade absoluta (DA) e Densidade relativa (DR); Frequência absoluta (FA) e Frequência relativa (FR); Dominância absoluta (DoA) e Dominância relativa (DoR); Índice de valor de cobertura (IVC) e Índice do valor de importância (IVI). Para os cálculos dos índices foi utilizado o programa R Core Team (2021).

2.4 Índices Ecológicos

A diversidade de uma comunidade está relacionada com a riqueza, isto é, o número de espécies de uma comunidade, e com a abundância, que representa a distribuição do número de indivíduos por espécie. A diversidade foi calculada pelo Índice de Shannon-Weaver (H') e a Equabilidade pelo índice de Pielou (J) (Equações 1 e 2).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) \quad (1) \qquad J = \frac{H'}{H_{\max}} \quad (2)$$

$$H_{\max} = \ln S$$

Em que:

H' = índice de Shannon-Weaver (nats.ind^{-1}); p_i = proporção do número de indivíduos da espécie i ; \ln = logaritmo neperiano; J = Equabilidade de Pielou; H_{\max} = entropia máxima; S = número total de espécies.

A similaridade pode ser calculada a partir do índice de Sorensen (IS), o qual considera o número de espécies comuns em relação ao total de espécies, através da Equação 3.

$$IS = \frac{2a}{2a + b + c} \quad (3)$$

Em que:

a = Corresponde ao número de espécies em comum; b e c = correspondem ao número de espécies exclusivas de cada uma das duas comunidades a serem comparadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição florística

A curva acumulativa de espécies foi construída para que fosse avaliada a suficiência amostral do levantamento. Para MC e CAB houve estabilização na curva, indicando que o número de parcelas foi suficiente para amostrar adequadamente a riqueza (Figura 2). Todavia, a CAR ainda apresentou espécie novas nas últimas parcelas, pois, ao instalar as parcelas no tamanho e no distanciamento entre elas selecionado, as duas últimas parcelas já entravam em um ambiente diferenciado, mesmo dentro da área de Caatinga arbustiva.

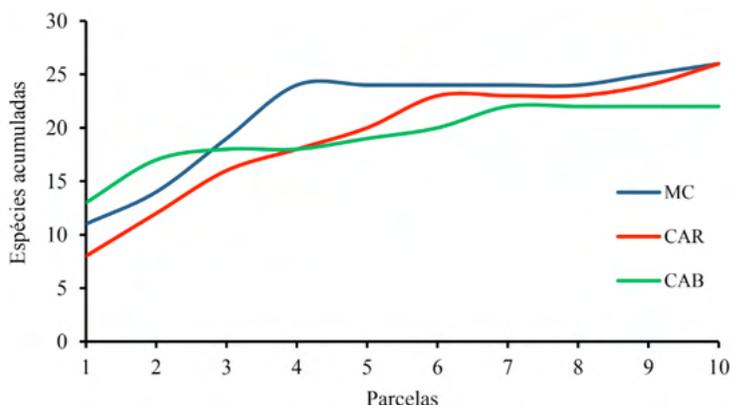


Figura 2 – Curva do coletor para as áreas de Mata Ciliar (MC), Caatinga arbustiva (CAR) e Caatinga arbórea (CAB), Bom Jesus-PI.

Foram encontradas, no total, 45 espécies arbustivas e arbóreas, distribuídas em 19 famílias (Tabela 1). Considerando os fragmentos em separado, na Mata Ciliar (MC) foram contabilizadas 25 espécies, na Caatinga arbustiva (CAR) 26 espécies e na Caatinga arbórea (CAB) 22 espécies (Tabelas 2). A MC e CAR apresentaram os maiores números de espécies exclusivas, que não se repetem entre os fragmentos, 13 e 7 respectivamente (Figura 3). Das 45 espécies levantadas, cinco não foram identificadas em qualquer nível taxonômico e uma apenas a nível de família. A família com maior número de espécies foi Fabaceae (16), considerando as três subfamílias, sendo que nove pertenciam apenas à subfamília Caesalpinioideae; a família Combretaceae apresentou três e as demais famílias apresentaram uma ou duas espécies.

Família	Espécie	Ocorrência em Cerrado	Fitofisionomia
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex Spreng	Sim	II
Anonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (REFr.) H. Rainer	Não	II, III
Boraginaceae	<i>Cordia superba</i> Cham.	Sim	II
	<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Não	I
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Não	I, II, III
	<i>Combretum duarteanum</i> Cambess	Sim	I, II, III
	<i>Terminalia fagifolia</i> Mart.	Sim	II
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.	-	II
Euphorbiaceae	<i>Manihot glaziovii</i> Muell. Arg.	Não	II, III
	Desconhecida 06	-	I
Fabaceae - Caesalpinioideae	<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Sim	I, III
	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tull. var. <i>leiostachya</i> Benth.	Não	II
	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Não	I, II, III
	<i>Cenostigma gardnerianum</i> Tul.	Sim	III
	<i>Copaifera langsdorfii</i> Desf.	Sim	II, III
	<i>Diptychandra aurantiaca</i> (Mart.) Tul.	Sim	III
	<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Lee et Lang.	Sim	I, II, III
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. vel aff.	Sim	III
Fabaceae - Mimosoideae	<i>Senna spectabilis</i> (DC) Irwin et Barn.	Sim	II, III
	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Sim	I
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Sim	I, II
	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	Não	I, II, III
Fabaceae – Papilionoideae	<i>Piptadenia moniliformis</i> Benth.	Sim	I, II, III
	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A. C. Sm.	Sim	I
	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth. ex DC.	Sim	I
Malvaceae	<i>Zolernia</i> sp.	-	II, III
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sim	I
	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	Sim	II, III
Moraceae	<i>Brosimum gaudichadii</i> Trécul	Sim	I, II
Myrtaceae	<i>Pisidium</i> sp.	-	I, II, III
Olacaceae	<i>Ximenia americana</i> L. var. <i>microphylla</i> Welw. Ex Oliv.	Sim	III
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miens ex Benth. & Hook.f.	Sim	I, II, III
Piperaceae	<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Não	I
Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd	Sim	I

Rubiaceae	<i>Alibertia</i> sp.	-	III
	<i>Genipa americana</i> L.	Sim	I
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Sim	I, II
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil	Sim	II
Verbenaceae	<i>Vitex</i> sp.	-	I
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Sim	II, III
Desconhecida 01	-	-	II, III
Desconhecida 02	-	-	II
Desconhecida 03	-	-	I
Desconhecida 04	-	-	I
Desconhecida 05	-	-	I

I = Mata Ciliar, II = Caatinga arbustiva, III = Caatinga arbórea.

Tabela 1 – Lista das espécies ocorrentes em três fitofisionomias de Caatinga, em Bom Jesus-PI.



Figura 3 - Diagrama de Venn demonstrando o número total (T) e específico (E) de espécies por fitofisionomia da Caatinga, bem como o número de espécies em comum entre as áreas. MC = Mata Ciliar, CAR = Caatinga arbustiva, CAB = Caatinga arbórea.

As espécies mais representativas (maior índice de valor de importância-IVI) por fragmento foram: *B. unguolata* e *L. sericeus* na MC, *M. verrucosa* e *P. moniliformis* na CAR e *A. leptopetala* e *P. moniliformis* na CAB. Destas, apenas *A. leptopetala* não pertence à família Fabaceae, indicando que a mesma é a mais representativa tanto em número de espécies quanto em termos de indivíduos (DA), frequência (FA e FR) e importância (IVI) (Tabelas 2). Os três fragmentos seguem os padrões ecológicos de estrutura de comunidades: apresentando espécies dominantes, com um elevado número de indivíduos, comuns, com número mediano de indivíduos, e espécies raras, com pequeno número de

indivíduos (Tabelas 2). A MC e a CAB apresentaram as maiores quantidades de indivíduos por hectare: 2.195 e 2.225, respectivamente, enquanto na CAR foram contabilizados apenas 1.215 indivíduos. Nota-se uma grande concentração de indivíduos em poucas espécies na CAB, onde apenas sete espécies detêm 87,9% dos indivíduos, enquanto na MC 83,37% dos indivíduos pertencem a 11 espécies e na CAR esse percentual é atingido contabilizando-se os indivíduos das nove espécies mais representativas.

Mata ciliar									
Espécie	N	DA (ind ha ⁻¹)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m ² ha ⁻¹)	DoR (%)	IVC	IVI
<i>B. unguolata</i>	125,00	625,00	28,47	100,00	10,20	1,35	6,57	35,05	45,25
<i>L. Sericeus</i>	68,00	340,00	15,49	70,00	7,14	4,43	21,50	36,99	44,13
<i>H. courbaril</i>	8,00	40,00	1,82	50,00	5,10	5,90	28,68	30,50	35,60
<i>M.verrucosa</i>	30,00	150,00	6,83	70,00	7,14	0,63	3,05	9,88	17,02
<i>Virtex sp.</i>	39,00	195,00	8,88	60,00	6,12	0,22	1,08	9,96	16,08
<i>A. brasiliensis</i>	39,00	195,00	8,88	40,00	4,08	0,54	2,61	11,49	15,57
<i>C. leprosum</i>	20,00	100,00	4,56	80,00	8,16	0,51	2,47	7,02	15,18
Desconhecida 05	14,00	70,00	3,19	70,00	7,14	0,45	2,17	5,36	12,50
<i>T. gardneriana</i>	16,00	80,00	3,64	70,00	7,14	0,23	1,10	4,74	11,89
<i>C. goeldiana</i>	5,00	25,00	1,14	40,00	4,08	1,30	6,30	7,44	11,53
<i>E. contortisiliquum</i>	2,00	10,00	0,46	20,00	2,04	1,71	8,30	8,76	10,80
Desconhecida 03	18,00	90,00	4,10	30,00	3,06	0,42	2,05	6,15	9,21
<i>G. americana</i>	11,00	55,00	2,51	40,00	4,08	0,22	1,08	3,58	7,66
<i>G. ulmifolia</i>	3,00	15,00	0,68	10,00	1,02	1,21	5,86	6,54	7,56
<i>C. duarteanum</i>	8,00	40,00	1,82	40,00	4,08	0,16	0,76	2,58	6,67
<i>C. sylvestris</i>	5,00	25,00	1,14	40,00	4,08	0,10	0,48	1,62	5,70
<i>C. pyramidalis</i>	4,00	20,00	0,91	20,00	2,04	0,38	1,84	2,75	4,79
Desconhecida 04	8,00	40,00	1,82	20,00	2,04	0,13	0,61	2,43	4,47
<i>A. cearensis</i>	3,00	15,00	0,68	10,00	1,02	0,43	2,11	2,79	3,81
<i>P. tuberculatum</i>	3,00	15,00	0,68	30,00	3,06	0,01	0,03	0,71	3,77
<i>B. gaudichadii</i>	4,00	20,00	0,91	20,00	2,04	0,12	0,60	1,51	3,55
<i>Pisidium sp.</i>	2,00	10,00	0,46	20,00	2,04	0,01	0,05	0,50	2,54
<i>A. macrocarpa</i>	1,00	5,00	0,23	10,00	1,02	0,11	0,54	0,77	1,79
<i>P. moniliformis</i>	2,00	10,00	0,46	10,00	1,02	0,04	0,18	0,63	1,65
Desconhecida 06	1,00	5,00	0,23	10,00	1,02	0,00	0,01	0,23	1,26
Total	439	2195	100	980	100	20,59	100	200	300
Caatinga arbustiva									
<i>M.verrucosa</i>	83,00	415,00	34,16	100,00	14,08	0,69	19,62	53,78	67,87

<i>P. moniliformis</i>	24,00	120,00	9,88	70,00	9,86	0,88	25,05	34,92	44,78
<i>C. sylvestris</i>	28,00	140,00	11,52	80,00	11,27	0,26	7,36	18,89	30,15
<i>C. leprosum</i>	21,00	105,00	8,64	50,00	7,04	0,20	5,61	14,25	21,29
<i>C. pyramidalis</i>	17,00	85,00	7,00	40,00	5,63	0,12	3,31	10,31	15,94
<i>S. spectabilis</i>	15,00	75,00	6,17	40,00	5,63	0,09	2,54	8,71	14,35
<i>A. fraxinifolium</i>	3,00	15,00	1,23	20,00	2,82	0,32	9,18	10,41	13,23
<i>L. divaricata</i>	5,00	25,00	2,06	20,00	2,82	0,21	6,12	8,17	10,99
Desconhecida 02	8,00	40,00	3,29	40,00	5,63	0,06	1,58	4,87	10,50
<i>B. gaudichaudii</i>	3,00	15,00	1,23	20,00	2,82	0,20	5,68	6,91	9,73
<i>A. brasiliensis</i>	4,00	20,00	1,65	20,00	2,82	0,13	3,62	5,27	8,09
<i>A. leptopetala</i>	6,00	30,00	2,47	20,00	2,82	0,09	2,59	5,06	7,87
<i>H. courbaril</i>	6,00	30,00	2,47	30,00	4,23	0,04	1,16	3,63	7,85
Desconhecida 01	2,00	10,00	0,82	20,00	2,82	0,06	1,74	2,57	5,38
<i>C. duarteanum</i>	3,00	15,00	1,23	20,00	2,82	0,03	0,95	2,18	5,00
<i>M. glaziovilii</i>	4,00	20,00	1,65	20,00	2,82	0,02	0,54	2,18	5,00
<i>Zollernia sp.</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,05	1,50	1,91	3,32
<i>E. contortisiliquum</i>	2,00	10,00	0,82	10,00	1,41	0,03	0,88	1,70	3,11
<i>S. versicolor</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,01	0,33	0,75	2,15
<i>Pisidium sp.</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,01	0,24	0,65	2,06
<i>Q. grandiflora</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,00	0,10	0,51	1,92
<i>C. ferrea</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,00	0,09	0,50	1,91
<i>C. langsdorfii</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,00	0,08	0,49	1,90
<i>Erythroxyllum sp.</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,00	0,05	0,46	1,87
<i>C. superba</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,00	0,04	0,45	1,86
<i>T. fagifolia</i>	1,00	5,00	0,41	10,00	1,41	0,00	0,04	0,45	1,86
Total	243	1215	100	710	100	3,51	100	200	300

Caatinga arbórea

<i>A. leptopetala</i>	115,00	575,00	25,84	100,00	9,80	1,14	15,58	41,42	51,22
<i>P. moniliformis</i>	64,00	320,00	14,38	100,00	9,80	1,55	21,20	35,58	45,38
<i>C. leprosum</i>	59,00	295,00	13,26	100,00	9,80	1,34	18,38	31,64	41,44
<i>D. aurantiaca</i>	90,00	450,00	20,22	100,00	9,80	0,67	9,18	29,41	39,21
<i>Zollernia sp.</i>	25,00	125,00	5,62	90,00	8,82	0,35	4,85	10,47	19,29
<i>C. langsdorfii</i>	20,00	100,00	4,49	80,00	7,84	0,41	5,61	10,10	17,95
<i>H. stigonocarpa</i>	18,00	90,00	4,04	70,00	6,86	0,24	3,33	7,38	14,24
<i>H. courbaril</i>	3,00	15,00	0,67	30,00	2,94	0,57	7,85	8,52	11,46
<i>C. pyramidalis</i>	3,00	15,00	0,67	30,00	2,94	0,51	6,99	7,66	10,61
<i>B. unguolata</i>	11,00	55,00	2,47	60,00	5,88	0,03	0,35	2,82	8,70
<i>Pisidium sp.</i>	6,00	30,00	1,35	40,00	3,92	0,06	0,83	2,17	6,10

Desconhecida 01	4,00	20,00	0,90	40,00	3,92	0,05	0,62	1,52	5,44
<i>C. duarteanum</i>	5,00	25,00	1,12	30,00	2,94	0,09	1,19	2,31	5,26
<i>Alibertia sp.</i>	4,00	20,00	0,90	30,00	2,94	0,04	0,59	1,49	4,43
<i>C. gardnerianum</i>	4,00	20,00	0,90	20,00	1,96	0,04	0,55	1,45	3,41
<i>A. brasiliensis</i>	2,00	10,00	0,45	20,00	1,96	0,07	0,91	1,36	3,32
<i>Q. grandiflora</i>	2,00	10,00	0,45	20,00	1,96	0,03	0,44	0,89	2,85
<i>M. glaziovili</i>	2,00	10,00	0,45	20,00	1,96	0,02	0,30	0,75	2,71
<i>L. divaricata</i>	3,00	15,00	0,67	10,00	0,98	0,02	0,30	0,97	1,95
<i>M. verrucosa</i>	3,00	15,00	0,67	10,00	0,98	0,02	0,29	0,96	1,94
<i>X. americana</i>	1,00	5,00	0,22	10,00	0,98	0,03	0,45	0,68	1,66
<i>S. spectabilis</i>	1,00	5,00	0,22	10,00	0,98	0,02	0,22	0,45	1,43
Total	445	2225	100	1020	100	7,29	100	200	300

N= número de indivíduos; DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVC = índice de valor de cobertura; IVI = índice de valor de importância.

Tabela 2 – Análise fitossociológica de três fitofisionomia de Caatinga, Mata ciliar, Caatinga arbustiva e Caatinga arbórea, em Bom Jesus, Piauí.

3.2 Índices Ecológicos

Os fragmentos não apresentaram grandes diferenças entre si quanto ao índice de diversidade de Shannon-Weaver: 2,46 na MC, 2,37 na CAR e 2,21 nats.ind⁻¹ na CAB. Os valores calculados para o índice de Equabilidade de Pielou foram: 0,77 para a MC, 0,72 para a CAR e 0,73 para a CAB. Os resultados dos cálculos do índice de Similaridade de Sorensen mostram que as áreas CAR e CAB são as mais similares (0,73), as quais apresentam 16 espécies em comum (Figura 3). A MC apresentou média similaridade com a CAR (0,52) e com a CAB (0,50), com 11 e nove espécies em comum, respectivamente (Figura 3).

4 | DISCUSSÃO

Ambientes heterogêneos comportam mais espécies, uma vez que há uma variação maior nas condições e recursos (Townsend et al., 2009), dessa forma era esperado que o somatório das espécies dos três ambientes fosse superior ao número de espécies de qualquer um dos fragmentos analisados isoladamente. Se for considerada a área de estudo como um todo, considerando apenas o bioma, o número de espécies levantadas neste estudo se equipara ao de outros inventários florestais em áreas de Caatinga, como os de Francelino et al. (2003), em levantamento florístico realizado no Rio Grande do Norte, onde encontraram 46 espécies, e Alcoforado-Filho et al. (2003), em Caruaru (PE), onde registraram 39 espécies. Por outro lado, Brand et al. (2015) em levantamentos no sul do

estado do Piauí, em municípios vizinhos a Bom Jesus-PI, contabilizaram 70 espécies, sendo que apenas 47 foram identificadas, pelo menos, a nível de família. Entretanto, apesar de que estes autores afirmam que a área de estudo é de Savana Estépica Florestada (Caatinga), na lista de espécies pode ser observada a ocorrência de espécies do bioma Cerrado, o que indica que a área é de ecótono e que, muito provavelmente, não há uma homogeneidade nas áreas onde as parcelas foram estabelecidas. Tais informações indicam que o número de espécies é bastante influenciado pelos fragmentos onde as parcelas são alocadas.

Quanto às semelhanças, os fragmentos, apesar de relativamente próximos e de estarem sob o mesmo bioma de domínio (Caatinga), mostram singularidades que tornam a área de estudo como um todo mais rica em espécies. Por outro lado, quando as parcelas são alocadas em ambientes com menor heterogeneidade, menor riqueza em espécies e menor diferenciação entre as áreas analisadas são esperadas. Araujo et al. (2010) encontraram apenas 14 espécies no total, em três fragmentos em área de Caatinga, sendo que a área que apresentou maior riqueza continha 12 espécies; adicionalmente, os três fragmentos apresentaram alta similaridade entre si (acima de 0,67 pelo índice de Jaccard), o que justifica o baixo número total de espécies. Os estudos de Costa et al. (2015) corroboram essas ideias, uma vez que os mesmos observaram apenas 13% de semelhança nas espécies de duas ecorregiões de Caatinga, o que se deve, em especial, ao substrato onde as espécies ocorrem, tendo sido estudados Caatingas sob embasamento Cristalino e Arenoso, mostrando a heterogeneidade do domínio da Caatinga em macroescala, enquanto este trabalho mostra em uma escala menor.

Há fatores que afetam a riqueza em espécies e o número de indivíduos por espécie (abundância). A abundância de indivíduos por espécie é influenciada pelas condições, os recursos e as interações ecológicas. Quando a população está sob condições ótimas, ela pode investir em reprodução e assim tornar-se abundante em um local. Por outro lado, interações de competição tendem a reduzir o número de indivíduos da espécie (Ricklefs, 2003). A MC é o fragmento com pH menos ácido e com maior teor de nutrientes (Leite et al., 2019). Isso explica, parcialmente, a elevada riqueza e abundância de indivíduos. A CAR é a que tem os atributos do solo mais inóspitos, incluindo um solo com alta proporção de areia (Leite et al., 2019), o que dificulta o armazenamento de água e, conseqüentemente, o acesso à mesma pelas plantas. Isso explica, em parte, o número baixo de indivíduos por espécie, o que diminui a competição interespecífica e possibilita uma maior variedade de espécies. A CAB apresenta solo fortemente ácido cuja classe textural é areia franca, com baixos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, manganês e zinco (Leite et al., 2019); essas condições limitam a riqueza em espécies, mas as poucas espécies que conseguem se adaptar melhor ao ambiente encontram menor competição, podendo investir em reprodução e apresentar maior número de indivíduos. Como exemplo: *C. leprosum*, que está presente nos três ambientes (Tabela 1), apresenta mais que o dobro do número de indivíduos na CAB em relação à MC e CAR.

Das 34 espécies identificadas até epíteto específico, 26 têm registros de ocorrência no Cerrado (Tabela 1), representando 76,47% das identificadas e 57,78% do total de espécies, mostrando que a área representa, de fato, um ecótono (transição Caatinga-Cerrado), definido por Veloso et al. (1991) como a mistura florística entre os tipos de vegetação, representando comunidades indiferenciadas entre diferentes habitats, onde as espécies se interpenetram. Tais observações podem ser confirmadas, inclusive, pelo fato de a precipitação média anual do município de Bom Jesus, de 984,8 mm (Medeiros et al., 2016), se configurar como um valor médio entre os valores do Cerrado (1.486mm, clima Aw; Campos e Chaves, 2020) e da Caatinga (500mm, clima BS'h; Lima et al., 2018), uma vez que a precipitação pluviométrica anual é uma das forças modeladoras das assembleias de plantas lenhosas, afetando particularmente a diversidade (Rito et al., 2016).

Quanto à diversidade, maiores valores de Shannon-Weaver indicam maior diversidade. Se comparados a outras áreas de Caatinga, os valores se assemelham, como em Lima e Coelho (2015), que encontraram 2,19 em uma Caatinga preservada no Ceará, e Barbosa et al. (2012), que calcularam 2,05 nats.ind⁻¹ em uma Caatinga hiperxerófila no Pernambuco. Porém, valores maiores já foram registrados: 3,6 em (ecótono Caatinga-Cerrado; Apgaua et al., 2014) e 2,96 nats.ind⁻¹ (Alves et al., 2013). Valores menores também são registrados para a Caatinga: 1,59 (Lima; Coelho, 2018), 1,76 (Sabino et al., 2016) e 1,39 nats.ind⁻¹ (Caatinga com 30 anos de regeneração; Calixto-Júnior; Drumond, 2011). Os dados indicam que ecótonos tendem a apresentar maior diversidade enquanto áreas perturbadas tendem a apresentar menores valores do índice de diversidade.

Ainda quanto aos índices ecológicos, a Equabilidade de Pielou representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Pielou, 1966) e varia de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima), assim, baixos valores indicam dominância ecológica de poucas espécies predominando na comunidade. Os valores calculados para as três áreas apontam para tendência de uniformidade das populações, ou seja, que o número de indivíduos por espécie está distribuído de forma mais ou menos equitativa. Esses resultados são reflexo do elevado número de espécies com abundâncias similares.

Oito espécies foram comuns aos três ambientes: *C. leprosum*, *C. pyramidalis*, *M. verrucosa*, *C. duarteanum*, *P. moniliformis*, *H. courbaril*, *Pisidium* sp. e *A. brasiliensis* (Tabela 1), o que mostra a plasticidade e a amplitude do nicho dessas espécies que lhes permite ocupar ambientes com características diferenciadas, inclusive as quatro últimas delas também são encontradas em Cerrado (Ratter et al., 2003; Ramos et al., 2009; Pinheiro e Monteiro, 2010; Neri et al., 2012).

5 | CONCLUSÕES

As áreas em estudo, apesar de estarem relativamente próximas, apresentaram

espécies exclusivas de cada fragmento e espécies comuns a dois ou aos três fragmentos. Devido ao fato de que os fragmentos encontram-se em uma zona de tensão ecológica, com precipitação média anual intermediária à do Cerrado e da Caatinga propriamente ditos, há condições adequadas para que espécies dos dois biomas possam coexistir. Mesmo os fragmentos estando relativamente próximos entre si, as caatingas arbórea e arbustiva apresentam dissimilaridade, mas são mais semelhantes entre si e menos semelhantes com a Mata Ciliar de Caatinga, a qual tem condições de umidade diferenciadas permitindo a colonização por um grupo diferenciado de espécies.

REFERÊNCIAS

Alcoforado-Filho FG, Sampaio EVSB, Rodal MJN. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botânica Brasílica*, Porto Alegre, 2003; 17 (2): 287-303. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200011>

Alves AR, Ribeiro JB, Sousa JRL, Barros SS, Sousa PS. Análise da estrutura vegetacional em uma área de Caatinga no município de Bom Jesus-PI. *Revista Caatinga*, 2013; 26 (4): 99-106. link: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2847>

Andrade EM. A floresta tropical seca, caatinga: as certezas e incertezas das águas. *TRIM*, 2017; 12: 11-20. Link: http://www5.uva.es/trim/TRIM/TRIM12_files/EMaiaAndrade.pdf

Apgaua DMG, Coelho PA, Santos RM, Santos PF, Oliveira-Filho AT. Tree community structure in a seasonally dry tropical forest remnant, Brazil. *Cerne*, 2014; 20 (2): 173-182. doi: <https://doi.org/10.1590/01047760.201420021540>

Araujo KD, Parente HN, Éder-Silva E, Ramalho CI, Dantas RT, Andrade AP, Silva DS. Levantamento florístico do estrato arbustivo-arbóreo em áreas contíguas de Caatinga no Cariri paraibano. *Revista Caatinga*, 2010; 23 (1): 63-70. link: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1324/pdf>

Barbosa MD, Marangon LC, Feliciano ALP, Freire FJ, Duarte GMT. Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de Caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. *Revista Árvore*, 2012; 36 (5): 851-858. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000500007>

Brand MA, de Oliveira LC, Lacerda SR, Toniolo ER, Junior GL, Campello RCB. Caracterização da vegetação da Caatinga do sul do Piauí para geração de energia. *Floresta*, 2015; 45 (3): 477-486. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/ff.v45i3.27753>

Calixto-Júnior JT, Drumond MA. Estrutura fitossociológica de um fragmento de Caatinga *Sensu Stricto* 30 anos após corte raso, Petrolina-PE, Brasil. *Revista Caatinga*, 2011; 24 (2): 67-74. link: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1917/4714>

Campos JO, Chaves HML. Tendências e variabilidades nas séries históricas de precipitação mensal e anual no bioma cerrado no período de 1977-2010. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2020; 35 (1): 157-169. doi: <https://doi.org/10.1590/0102-7786351019>

Chaves IB, Lopes VL, Ffolliott PF, Paes-Silva AP. Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da Caatinga. *Revista Caatinga*, 2008; 21 (2): 204-213. doi: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/750/367>

Costa GM, Cardoso D, Queiroz LG, Conceição AA. Variações locais na riqueza florística em duas ecorregiões de caatinga. *Rodriguesia*, 2015; 66 (3): 685-709. doi: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566303>

Francelino MR, Fernandes-Filho EI, Resende M, Leite HG. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. *Revista Árvore*, 2003; 27 (1): 79-86. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000100011>

Fundação Cepro. Piauí – Informações Municipais – 2000. Anuário estatístico do Piauí, [Internet]. 2001. [Citado em 22 de junho de 2021]. Disponível http://www.cepro.pi.gov.br/download/201102/CEPRO16_f434617512.pdf

Leitão AC, Vasconcelos WA, Cavalcante AMB, Tinoco LBM, Fraga VS. Florística e estrutura de um ambiente transicional Caatinga-Mata Atlântica. *Revista Caatinga*, 2014; 27 (3): 200-210. link: https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3229/pdf_155

Leite RS, Ivanov MMM, Oliveira-Filho PC, Cordeiro MA, Santos MF, Costa DL, Watzlawick LF, Engel K, Vieira JWP. Fatores abióticos do solo na distribuição espacial da biomassa aérea em áreas de caatinga no nordeste brasileiro. In: FRANCISCO, A.L.O. (Org.) *Sustentabilidade de Recursos Florestais*. Ponta Grossa-PR: Atena Editora, 2019. 56-70. ISBN 978-85-7247-044-5. doi: <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.4451916015>

Lima BG, Coelho MFB. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente de Caatinga no estado do Ceará, Brasil. *CERNE*, 2015; 21 (4): 665-672. doi: <https://doi.org/10.1590/01047760201521041807>

Lima BG, Coelho MFB. Fitossociologia e estrutura de um fragmento florestal da Caatinga, Ceará, Brasil. *Ciência Florestal*, 2018; 28 (2): 809-819. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509832095>

Lima CR, Bruno RLA, Andrade AP, Pacheco MV, Quirino ZGM, Silva KRG, Belarmino KS. Fenologia de *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. Queiroz e sua relação com a distribuição temporal da precipitação pluvial no semiárido brasileiro. *Ciência Florestal*, 2018; 28 (3): 1035-1048. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509833387>

Linares-Palomino R, Oliveira-Filho AT, Pennington RT. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. In: Dirzo R, Young HS, Mooney HÁ, Ceballos G. (Ed.). *Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation*. Washington: Island, 2011. 3-21. ISBN 978-1-61091-021-7. doi: http://dx.doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_1

Medeiros RM, Silva VMA, Melo V, Menezes HEA. Diagnóstico e tendência da precipitação pluvial em Bom Jesus – Piauí, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 2016; 11 (3): 115-121. doi: <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i3.3992>

Neri AV, Schaefer CEGR, Silva AF, Souza AL, Ferreira-Junior WG, Meira-Neto JAA. The influence of soils on the floristic composition and community structure of na área of brazilian cerrado vegetation. *Edinburgh Journal of Botany*, 2012; 69 (1): 1-27. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428611000382>

Pereira BAS. Árvores do Bioma Cerrado. [Internet].2021. [Citado em Agosto de 2021]. Disponível <http://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/>

Pereira IM, Andrade LA, Barbosa MRV, Sampaio EVSB. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no Agreste Paraibano. *Acta Botanica Brasilica*, 2002; 16 (3): 357-369. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000300009>

Pereira-Filho JMP, Bakke OA. Produção de forragem de espécies herbáceas da Caatinga. In: Gariglio MA, Sampaio EVSB, Cestaro LA. (Eds) Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 386. link: https://www.researchgate.net/publication/306199606_Producao_de_forragem_de_especies_herbaceas_da_Caatinga

Pielou EC. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 1966; 13: 131-144. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0)

Pinheiro MHO, Monteiro R. Contribution to the discussions on the origin of the biome cerrado: Brazilian savanna. *Brazilian Journal of Biology*, 2010; 70 (1): 95-102. doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000100013>

Prado DE. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Silva, J.M.C. (Orgs). *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Editora Universitária, 2003. Pp. 3-74. doi: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9865/Livro_Ecologia-e-Conserva%C3%A7%C3%A3o-da-Caatinga_MMA.pdf?sequence=1

Ramos ACS, Lemos-Filho JP, Lovato MB. Phylogeographical structure of the neotropical forest tree *Hymenaea courbaril* (Leguminosae: Caesalpinioideae) and its relationship with the vicariant *Hymenaea stigonocarpa* from Cerrado. *Journal of Heredity*, 2009; 100 (2): 206-216. doi: <https://doi.org/10.1093/jhered/esn092>

Ratter JA, Bridgewater S, Ribeiro JF. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, 2003; 60 (1) 57-109. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0960428603000064>

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

Ricklefs RE. A economia da natureza. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003; 5. 1-532. link: http://professor.ufop.br/sites/default/files/roberthfagundes/files/ecologiageral_livro022_economiadanatureza.pdf

Rito KF, Arroyo-Rodriguez V, Queiroz RT, Leal IR, Tabarelli M. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian caatinga vegetation. *Journal of Ecology*, 2016; 105: 828-838. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12712>

Rodal MJN. Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco. 1992. 198. [Tese: Doutorado Biologia Vegetal]. Campinas-SP: Universidade Estadual de Campinas, link: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/314972>

Sabino FGS, Cunha MCL, Santana GM. Estrutura da vegetação em dois fragmentos de Caatinga antropizada na Paraíba. *Floresta e Ambiente*, 2016; 23 (4): 487-497. doi: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.017315>

Sampaio EVSB. Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock SH, Mooney HA, Medina E. Seasonally dry tropical forests. Cambridge: University Press, 1995; 35-58. ISBN 0521435145. link: https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=aaBOAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA35&dq=Overview+of+the+Brazilian+Caatinga&ots=7X8GS3Q_qu&sig=SEhNwosjP7wD9zWqf2KUaknWE6Y#v=onepage&q=doi&f=false

Santos RM, Vieira FA, Fagundes M, Nunes YRF, Gusmão E. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, 2007; 31 (1): 135-144. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100015>

Scolforo JRS, Mello JM. Inventário Florestal. Lavras (MG): UFLA/FAEPE, 1997.

Townsend CR, Begon M, Harper JL. Fundamentos em ecologia. Porto Alegre (RS): Artmed, 2009.

Trovão DMBM, Freire AM, Melo JIM. Florística e fitossociologia do componente lenhoso da mata ciliar do riacho Bodocongó, semiárido paraibano. Revista Caatinga, 2010; 23 (2): 78-86. link: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1652/4571>

Veloso HP, Rangel-Filho ALR, Lima JCA. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. link: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/classificacaovegetal.pdf>

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO EXTRATO ETÍLICO DE *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse CONTRA MICRORGANISMOS PATOGÊNICAS

Data de aceite: 01/02/2022

Ana Gabriela Alves Ramos Diniz

Universidade Estadual de Goiás
Goiás-Go

<http://lattes.cnpq.br/1706402838783300>

Adriana Dantas Gonzaga de Freitas

Universidade Federal do Amazonas
Campus Manaus

Manaus-Amazonas

<http://lattes.cnpq.br/3694117633635449>

RESUMO: Tendo em visto o crescimento de microrganismos resistentes a antibióticos é necessário o uso de novos produtos para eliminá-los, por este motivo, vários estudos tem buscado alternativas entre elas o uso de extratos vegetais, que podem se apresentar como uma opção para obtenção desse controle microbiano. O objetivo neste estudo foi avaliar o potencial inibitório do extrato etílico de *Tradescantia zebrina* sobre o crescimento bacteriano das cepas de *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Bacillus subtilis* (cepa cedida pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e a levedura *Candida albicans* (ATCC 10231). Realizou-se a produção dos extratos estático, Soxleht e ultrassom. Os extratos obtidos foram testados quanto ao seu efeito antibacteriano pelo método de disco de fusão com três repetições. No presente estudo obtivemos atividade antibacteriana no extrato etanólico para o fungo *Candida albicans*

entretanto, são necessários mais estudos para a confirmação e eficiência deste extrato.

PALAVRAS-CHAVES: Antibacteriano, extratos etanólicos, *Tradescantia zebrina*.

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ETHYL EXTRACT OF *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse AGAINST PATHOGENIC MICROORGANISMS

ABSTRACT: Given the growth of antibiotic-resistant microorganisms, it is necessary to use new products to eliminate them. For this reason, several studies have sought alternatives, including the use of plant extracts, which may be an option to obtain this control. microbial. The objective of this study was to evaluate the inhibitory potential of the ethyl extract of *Tradescantia zebrina* on the bacterial growth of strains of *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Bacillus subtilis* (strain provided by the Laboratory of Food Microbiology of the National Institute of Amazonian Research), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and the yeast *Candida albicans* (ATCC 10231). Static, Soxleht and ultrasound extracts were produced. The extracts obtained were tested for their antibacterial effect by the fusion disk method with three replications. In the present study, we obtained antibacterial activity in the ethanol extract for the fungus *Candida albicans*, however, further studies are needed to confirm the efficiency of this extract.

KEYWORDS: Antibacterial, ethanol extracts, *Tradescantia zebrina*.

INTRODUÇÃO

A *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse é uma planta pertencente à família Commelinaceae. É nativa da América Central e por conta de sua facilidade de proliferação é proibida em alguns Estados a comercialização da mesma (Instituto Hórus, 2016). A *T. zebrina* possui a folha com a face adaxial verde e a face abaxial roxa, apresenta duas faixas prateadas e brilhantes (LORENZI, SOUZA, 2008).

Possui algumas propriedades como saponinas (PÉREZ & IANACONE, 2006)³, antocianina (PÉREZ & IANACONE, 2004), C-glycosídeos e 6,8-hidroxluteolina (MARTÍNEZ & MARTÍNEZ, 1993). As saponinas são esteróides ou glicosídeos triterpenóides que possuem propriedades antioxidantes (G. Francis et al., 2002), propriedades anti-inflamatórias e antifúngicas (Sparg et al. 2004; Sahu et al., 2008). E enquanto isso, as antocianinas são pigmentos naturais (Santos, A.C.A. et al., 2014) que possuem antioxidantes (Figuerola, 2011).

Plantas da família Commelinaceae apresentam atividade antimicrobiana frente a algumas bactérias, como por exemplo *Tradescantia sillamontana* Matud (ESTEVAM, E.B.B et.al., 2016) e *Tradescantia pallida* Munt (SILVA, A.M.A.P et al., 2015).

Diante de tais fatos, e por causa de uma certa escassez de pesquisas envolvendo a *T. zebrina* quando se trata de estudos envolvendo microrganismos, o objetivo deste estudo foi pesquisar o potencial antimicrobiano in vitro do extrato etílico das folhas da *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Boss

MATERIAL E MÉTODOS

• Coleta do material vegetal

As folhas da *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Boss foram coletadas na Universidade Federal do Amazonas, no mês de dezembro de 2019. Posterior a coleta, o material foi levado para o laboratório, onde o mesmo foi pesado, lavado e por último seco. As folhas foram mantidas em estufa de circulação de ar fechado, a uma temperatura constante de 55°C, por 24 horas para a secagem completa. Após a secagem, as folhas foram maceradas e pesadas. Esse processo se repetiu até ser obtido 150g de material vegetal macerado, dos quais foram feitos três tipos de extratos: Extrato Estático, Soxhlet e extração por Ultrassom.

• Preparação dos extratos

Cada extrato bruto da *T. zebrina* foi obtido pela maceração de 50 g do material vegetal. Todos os materiais vegetais foram reservados em erlenmeyers de 1000 ml, tendo o álcool etílico como solvente.

Para o extrato estático as folhas maceradas da *T. zebrina* ficaram 24 dias submersas em 1000 ml do solvente. Após esse período, a solução extraída foi filtrada em papel filtro e

submetida a um rotaevaporador por 30 minutos.

O segundo processo de extração realizado foi o Soxhlet, onde também foram utilizados 50 g do material vegetal e 1000 ml de álcool etílico como solvente. Seguidamente foi encaminhado para o rotaevaporador, onde ficou aproximadamente 30 minutos.

No ultrassom o material vegetal ficou no processo por 15 minutos, seguidamente permaneceu no rotaevaporador por 30 minutos para se obter o extrato bruto da *T. zebrina*.

• **Microrganismos Teste**

Foram utilizadas 3 cepas bacterianas Gram positivas de padrões internacionais (ATCC– American Type Culture Collection). *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Bacillus subtilis* (cepa cedida pelo Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e a levedura *Candida albicans* (ATCC 10231).

• **Atividade Antimicrobiana da *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse**

Para avaliação da atividade antimicrobiana, discos de papel filtro foram embebedados com extratos etílicos de *T. zebrina* Heynh. e os mesmos foram posicionados sobre colocados sobre as placas semeadas com os microrganismos teste.

O controle foi realizado com placas contendo o antibiótico tetraciclina para as bactérias e cetoconazol para os fungos. Como controle negativo, um disco foi impregnado com Dimetilsulfóxido (DMSO).

As placas foram incubadas a 35° C por um período de 24 a 48 horas para a observar se houve a formação dos halos de inibição.

Os ensaios foram realizados em triplicata e a leitura dos resultados baseou-se na medida do diâmetro dos halos de inibição formados ao redor do disco de papel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que dentre os microrganismos e extratos testados, apenas um extrato apresentou halo inibitório. O extrato estático apresentou atividade antimicrobiana contra o fungo *Candida albicans*, conforme mostra o Gráfico 1. Os demais microrganismos não apresentaram inibição.

A figura 1 mostra que nas três placas com o fungo *C. albicans* houve reação do extrato estático, onde a maior média do halo inibitório foi na placa de número dois, chegando a 11,7 mm.

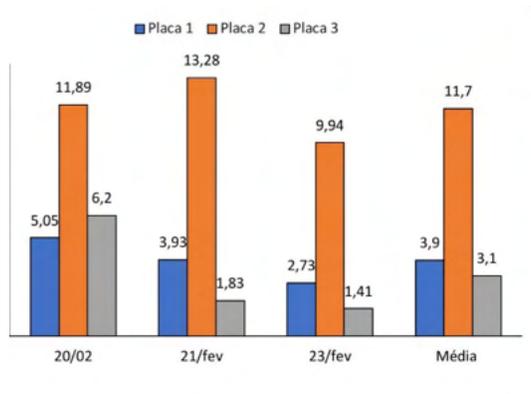


Figura 1. Médias dos halos de inibição contra o fungo *Candida albicans* utilizando os extrato estático da *Tradescantia zebrina*.

A *Candida albicans* é um fungo que em algumas condições pode se tornar patogênico dependendo da imunidade do hospedeiro e em certos casos a infecção causada pelo mesmo pode apresentar altas taxas de mortalidade (Berman, 2012). Apesar do perigo que ela apresenta, não há tantas drogas antifúngicas pois é um fungo naturalmente resistente contra uma grande variedade de antibióticos (Whiteway & Bachewicj, 2007).

A presença do halo de inibição na placa mostra que o extrato da etílico da *T. zebrina* apresenta capacidade antifúngica, porém, diferente de outros estudos (Dash et. al, 2017), o extrato não apresentou atividade contra as bactérias Gram-positivas.

E a hipótese para tal é, o estudo que apresentaram sucesso contra as bactérias (Tan et al., 2014) tinha como solvente o metanol, Dash (2017) também teve sucesso contra bactérias Gram negativas e também utilizou um extrato metanólico.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por este trabalho permitem concluir que com extratos etanólicos de *T. zebrina* foram encontrada atividade antibacteriana contra o fungo *C. albicans*. A investigação de ação bactericida de plantas pouco estudadas, se faz uma ferramenta valiosa, para composição de novos medicamentos contra microrganismos, perigosos e degradantes aos seres vivos. No entanto novos estudos são necessários para comprovação da eficácia destes extratos.

REFERÊNCIAS

BERMAM, J. *Candida albicans*. **Current biology** , v. 22, n. 16, p. R620-R622, 2012.

DASH, G.M., M. SWE and A. MATHEWS. 2017. *Tradescantia zebrina* a promising medicinal plant. *Indo. Am. J. P. Sci.*, 4(10): 3498-3502.

ESTEVAM, E.B.B. et al. Avaliação das atividades antibacteriana, tripanocida e citotóxica do extrato hidroalcolólico das raízes de *Tradescantia sillamontana* Matuda (Veludo Branco) (Commelinaceae).

Revista Brasileira de Plantas Mediciniais [online]. 2016, v. 18, n. 2

FIGUEROA R; TAMAYO J; GONZALES S; MORENO G; VARGAS L. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, REDALYC, 2011; 12(1):44 – 50.

FRANCIS G; KEREM Z; MAKKAR, H; BECKER, K. (2002). A ação biológica das saponinas em sistemas animais: Uma revisão. **British Journal of Nutrition**, 88 (6), 587-605. doi: 10.1079 / BJN2002725

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. 2013. **Espécies invasoras brasileiras**. Acesso em: 10 jun. 2021.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil**: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 4 ed. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2008. 1120 p.

MARTÍNEZ, A.D.P; MARTÍNEZ, A.J. Flavonoid distribution in *Tradescantia*. *Biochemical Systematic and Ecology*, V. 21, n.2, p.: 255-265, 1993.

PEREZ, DIANA; IANNACONE, JOSÉ. Efectividad de Extractos Botánicos de Diez Plantas Sobre la Mortalidad y Repelencia de Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L., Insecto Plaga del Pijuayo *Bactris gasipaes* Kunth en la Amazonía del Perú. **Agríc. Téc.**, Chillán, v. 66, n.1, p.21-30, mar. 2006.

PEREZ, DIANA; IANNACONE, JOSÉ. Efecto insecticida de sachá yoco (*Paullinia clavigera* var. *bullata* Simpson) (Sapindaceae) y oreja de tigre (*Tradescantia zebrina* Hort ex Bosse) (Commelinaceae) en el control de *Anopheles benarrochi* Gabaldon, Cova García y López, 1941, principal vector de malaria en Ucayali, Perú. **Ecol. apl.**, Lima , v. 3, n. 1-2, p. 64-72,

SANTOS, Alessandro Carvalho Alves dos *et al.* Potencial antioxidante de antocianinas em fontes alimentares:: revisão sistemática. **Revista Interdisciplinar**, [s. l.], v. 7, ed. n. 3, p. 149-156, , jul. ago. set. 2014.

SILVA, A.M.A.P. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana da planta *Tradescantia pallida* Munt (Taboquinha Roxa). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.3, p.374-378, 2015.l

SPARG, S.G; LIGHT M.E; VAN STADEN, J. (2004) Biological activities and distribution of plant saponins. *J Ethnopharmacol* 94:219–243

TAN J.B.L, YAP W.J, TAN S.Y, LIM Y.Y, LEE S.M. Antioxidant Content, Antioxidant Activity, and Antibacterial Activity of Five Plants from the Commelinaceae Family. **Antioxidants**. 2014; 3(4):758-769. <https://doi.org/10.3390/antiox3040758>

WHITEWAY, M., & BACHEWICH, C. (2007). Morfogênese em *Candida albicans*. **Annu. Rev. Microbiol.** , 61, 529-553.

ANÁLISIS CUALITATIVO DE POLIFENOLES POR ESPECTROFOTOMETRÍA INFRARROJA EN PLANTAS MEDICINALES DEL ESTADO DE TLAXCALA UTILIZADAS EN TRATAMIENTO DE CÁNCER

Data de aceite: 01/02/2022

Yesenia Pérez García

Universidad Politécnica de Tlaxcala, Lab. Desarrollo de procesos químicos sustentables y monitoreo ambiental, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco Tlaxcala México

Yolanda Del Ángel Vargas

Universidad Politécnica de Tlaxcala, Lab. Desarrollo de procesos químicos sustentables y monitoreo ambiental, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco Tlaxcala México

Raquel García Barrientos

Universidad Politécnica de Tlaxcala, Lab. Desarrollo de procesos químicos sustentables y monitoreo ambiental, San Pedro Xalcaltzinco, Tepeyanco Tlaxcala México

RESUMEN: Se estudió la composición química de las plantas medicinales de árnica (*Heterotheca inuloides* Cass.), estafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.), orégano (*Lippia graveolens*), menta (*Mentha piperita*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) cultivadas en Tlaxcala (México). Tres muestras de plantas de cada especie, cortadas en domicilios de la región para el lavado, secado y molienda. Los análisis de los grupos funcionales se hicieron por espectrofotometría de infrarrojo medio (MIR). Se identificaron polifenoles, cetona, grupo azoico, éter ácido carboxílico y éster en árnica y estafiate; así mismo en el orégano se confirma la presencia de polifenoles, isotiocianatos, grupo amino, éster y Carbodiimida; en la planta de menta se encontró la presencia de polifenoles,

isotiocianatos, grupo amino y éster; por último en el tomillo muestra la presencia de polifenoles, grupo amino, y éster. Siendo característicos los grupos funcionales de cada planta medicinal que les da las propiedades terapéuticas necesarias para el tratamiento de cáncer.

PALABRAS CLAVE: Polifenoles, cáncer, antioxidantes.

ABSTRACT: The chemical composition of the medicinal plants of arnica (*Heterotheca inuloides* Cass.), stafiate (*Artemisia ludoviciana* Nutt.), oregano (*Lippia graveolens*), mint (*Mentha piperita*) and thyme (*Thymus vulgaris*) cultivated in Tlaxcala (Mexico) were studied. Three samples of plants of each species, cut in homes in the region for washing, drying and grinding. Analyses of functional groups were performed by mid-infrared (MIR) spectrophotometry. Polyphenols, ketone, azo group, carboxylic acid ether and ester were identified in arnica and Stafiate; likewise in oregano the presence of polyphenols, isothiocyanates, amino group, ester and carbodiimide is confirmed; in the mint plant the presence of polyphenols, isothiocyanates, amino group and ester was found; lastly, thyme has the presence of polyphenols, amino group, and ester. Being characteristic the functional groups of each medicinal plant that gives them the necessary therapeutic properties for the treatment of cancer.

KEYWORDS: Polyphenols, cancer, antioxidants.

1 | INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es catalogado como una pertenencia al género femenino puesto

que su mayor porcentaje es encontrado en mujeres. Sin embargo, no es exclusivo ya que se ha encontrado en el género masculino (Jurado Bambino et al., 2020) y tampoco es exclusivo de una edad en específico, se han reportado casos de cáncer en mujeres jóvenes y octogenarias (Castro Reyes, 2021) (Blay Aulina et al., 2022)

De acuerdo a la organización mundial de la salud (OMS, 2021), el cáncer de mama es el tipo más común que, hasta el 2020 reportó la cifra de más de 2 millones de casos y tan solo en ese mismo año, más de 600 mil mujeres fallecieron por causa de esta enfermedad. Se ha observado que los casos más frecuentes están establecidos en países de bajos y medios ingresos.

Bioquímicamente se sabe que el cáncer de mama se origina en el epitelio de los conductos, o en los lóbulos de las glándulas mamarias. Al inicio de este proceso, el crecimiento está afectando únicamente a los conductos y/o lóbulos sin presentar un cambio de diseminación, sin embargo, con el paso del tiempo puede invadir tejido denominándose cáncer de mama invasivo, posteriormente es propagado a los ganglios linfáticos cercanos o a otros órganos.

Diversos estudios se han realizado desde 1980, y su tratamiento puede tener una eficiencia con probabilidades de supervivencia del 90% o mas alta cuando la detección se realiza en forma temprana (Ginsburg et al., 2020), además de terapias adecuadas con eficacia que pueden estar basadas en combinaciones con cirugías, quimioterapia y radioterapia (OMS, 2021).

La Iniciativa Mundial del Cáncer de Mama de la OMS, tiene como objetivo reducir la mortalidad anual en un 2.5%, por lo tanto entre 2020 y 2040 se estarían evitando 2.5 millones de muertes (OMS, 2021).

Probablemente una de las alternativas no muy lejanas a utilizarse pudiera ser el aprovechamiento de extractos de plantas, que paralelamente en observación médica en algunos casos clínicos pudieran ser aprovechadas. Diversos investigadores a nivel mundial han estudiado algunos metabolitos con actividad anticancerígena derivados de extractos de plantas endémicas consumidas en la medicina tradicional (Tagne et al., 2014), (Anusmitha et al., 2022), (Ukwubile et al., 2019), encontrando metabolitos importantes que inhiben el crecimiento de células cancerígenas.

En México, el uso de las plantas medicinales son un importante elemento cultural en la medicina tradicional que ha sido usada desde épocas ancestrales, pasando por las culturas Maya, Náhuatl, Zapoteca entre otros (Heinrich et al., 1998). Hoy en día se sigue aprovechando al igual que en otras culturas donde los medios médicos son de difícil acceso.

Artemisia ludoviciana

Esta planta perenne es conocida como estafiate, es una hierba pequeña de la familia de *Asteraceae*, las especies de *Artemisia* están ampliamente distribuidas en la

naturaleza. Crece en climas templados del hemisferio norte y sur, en hábitats secos, algunas especies del género son aromáticas, y tienen un sabor y olor característico producido por los monoterpenos y sesquiterpenos que presenta. El género tiene una atención especial debido a la biología diversa y la química de sus componentes, su frecuencia en el uso de medicina tradicional (Carvalho, Cavaco, et al., 2011) .

En México para el tratamiento de muchas enfermedades, tales como desórdenes gastrointestinales, dolores, diabetes, agente antiespasmódico, hepatitis, malaria, inflamación, cáncer e infecciones (hongos, bacterias y virus) (Anaya-Eugenio et al., 2014) (Anaya-Eugenio et al., 2016) (Said Fernández et al., 2005)(Carvalho, Cavaco, et al., 2011).

Se han identificado y estudiado sus estructuras de algunos compuestos mediante NMR como lactonas sesquiterpénicas, 3 germacranólidos, 2 guaianolidos, 4 secoquainolidos y un monoterpeno (Jakupovic et al., 1991), además de flavonoides en la variedad *mexicana* como: eupatilina, jaceosidina (Ruiz-Cancino et al., 1993), algunos flavonoides encontrados en la variedad *ludoviciana* 2- hidroxí-6-metoxiflavona, 5,7,2',4'-tetrahidroxí-6,5'-dimetoxiflavona, además otros 17 (Liu & Mabry, 1982). Se han estudiado también los compuestos polifenólicos de 6 especies de *Artemisia*: *A. annua* L., *A. arborescens* spp., *A. ludoviciana* Nutt., *A. oleandica* Bess., *A. princeps* Pamp. y *A. stelleriana* Bess, encontrándose ácidos hidroxibenzoicos, y ácidos hidroxicinámicos, flavonoles y catequinas, en el que se propone el uso como beneficio para la salud y como colorantes naturales (Carvalho, Cavaco, et al., 2011).

La *Artemisia* ha sido estudiada en extractos de hexano, acetato de etilo y metanol, y han sido probados frente al parasito que ocasiona la fasiolosis: *Fasiola hepática* y está distribuida a nivel mundial afectando a los ganados y al hombre. El estafiate fue probado en diferentes concentraciones y se probó con un control, encontrándose que los extractos obtenidos en acetato de etilo mostraron una eficacia del 100% con 48 horas de exposición con el parásito en modo *in vitro*. Al fraccionar el extracto por cromatografía se encontró un sesquiterpeno el cual fue probado con 100% de eficacia en 24 horas (Ezeta-Miranda et al., 2020). Se ha reportado también que algunas preparaciones con estafiate han mostrado propiedades hipoglucémicas al ser administrados a animales de forma oral. El análisis de los metabolitos encontrados en este estudio fueron eupatilina, jaceodisina, arglanina, salvinina y el ácido 3,5 dicaffeoylquinico (Anaya-Eugenio et al., 2014). También se ha estudiado desde el punto de vista de la respuesta del cuerpo ante exposición de tóxicos (Anaya-Eugenio et al., 2016) , antiprotozoarios (Said Fernández et al., 2005), con efecto relajante estudiado de extractos metanolicos y diclorometanicos, y hexanicos en ratas (Estrada-Soto et al., 2012). Se ha observado la actividad antimicrobiana y antioxidante de aceites esenciales de *Artemisia* silvestre del Oeste de Canadá, específicamente de las especies *Artemisia absinthium* L., *Artemisia biennis* Willd., *Artemisia cana* Pursh, *Artemisia dracunculul* L., *Artemisia frigida* Willd., *Artemisia longifolia* Nutt. y *Artemisia ludoviciana* Nutt (Lopes-Lutz et al., 2008), encontrando un total de 110 compuestos que

fueron identificados entre el 71% y 98.8% de la composición de los aceites estudiados, los aceites de *Artemisa* inhibieron efectos de crecimiento de bacterias como: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Staphylococcus epidermidis*), algas (*Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*), dermatofitos (*Trichophyton rubrum*, *Microsporium canis*, y *Microsporium gypseum*), *Fonsecaea pedrosoi* y *Aspergillus niger*.

Se han analizado el perfil de ácidos grasos de 13 especies de *Artemisia* mediante GC-MS y se encontró un valor nutricional como una fuente de ácidos grasos esenciales, se encontraron: ácido oléico, ácido linolénico, ácido linoléico los cuales promueven la salud y previenen enfermedades (Carvalho, Teixeira, et al., 2011).

Arnica montana

Arnica montana es una hierba perenne, que tiene propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antitumorales, antioxidantes, antifúngicas e inmunomoduladoras.

El poder analgésico, antiinflamatorio y antibacteriano de esta planta, de la familia de las Asteraceas, se debe a los flavonoides que posee (astragalósidos, quercetol, glucogalacturónido e isoquercitrócido). Sin embargo, otros autores lo atribuyen a sus principios amargos, lactonas sesquiterpénicas (helenanina y dihidrohelenanina); aunque existen puntos de contactos en que el contenido en ácido cafeico o ácido clorogénico podría influir también (Priyanka, 2017).

Se debe tomar en cuenta que si no se toma en las cantidades adecuadas, la ingesta oral alta de suplementos de árnica puede provocar efectos secundarios graves como irritación de la boca y la garganta, erupciones cutáneas, vómitos, dolor abdominal, diarrea, dificultad para respirar, latidos cardíacos rápidos, presión arterial alta, problemas cardíacos, insuficiencia orgánica, hemorragia, coma e incluso la muerte.

Los suplementos de árnica contienen muchos ingredientes activos, incluida la helenalina en diferentes niveles de concentración. Las vías moleculares que están reguladas por árnica incluyen el ciclo celular, la reparación del ADN, la inflamación, la señalización de fosfato de inositol y la señalización P53. Estas vías celulares regulan directa o indirectamente puntos finales moleculares específicos del cáncer, como el crecimiento, la diseminación y la muerte. Debido a esta regulación biológica, para la nutrición del cáncer, la elección correcta de suplementos como árnica individualmente o en combinación es una decisión importante que debe tomarse. Al tomar decisiones sobre el uso del suplemento Árnica para el cáncer, tenga en cuenta todos estos factores y explicaciones. Porque es igualmente cierto para los tratamientos contra el cáncer: el uso de árnica no puede ser una decisión única para todos los tipos de cáncer (Obon, 2012).

Origanum vulgare

La planta de orégano es un recurso silvestre localizado en zonas áridas y semiáridas

del Norte de México. Hay unas 40 especies diferentes (Villavicencio, 2009), de las cuales las de la familia Verbenaceae son las de mayor importancia de acuerdo con sus características aromáticas y su distribución. Se cultiva por su demanda en el sector farmacéutico, de los licores y cosméticos, de la industria alimentaria y semillera.

El orégano se ha empleado por diferentes grupos étnicos, macerando sus hojas y tomándolo en forma de té para aliviar problemas digestivos producidos por parásitos y gripas pasmadas, como tónico expectorante y para dolores musculares. Los curanderos antiguos consideraban el orégano útil para curar trastornos de los nervios, retención de la orina y obstrucción de las vías respiratorias, entre otros usos medicinales. Los usos que se ha dado a las hojas del orégano en la medicina tradicional y que han sido reportados por algunos autores son: las hojas frescas en infusión acuosa, para controlar el asma (antiasmático); para alivio de cólicos (antiespasmódico) y para relajar los músculos intestinales; para la eliminación de gases (carminativo); para controlar la tos (antitusígeno); contra lombrices, mezclado con hierbabuena (antihelmítico), específicamente contra la *Staphylococcus aureus* (antiinfeccioso); como regulador de la menstruación y como fungicida contra *Candida albicans* (emenagogo) (Villavicencio, 2007).

Existen diversos estudios sobre la composición química del orégano, usando extractos acuosos y sus aceites esenciales. Se han identificado flavonoides como la apigenina y la luteolina, agliconas, alcoholes alifáticos, compuestos terpénicos y derivados del fenilpropano. En *Oregano vulgare* se han encontrado ácidos coumérico, ferúlico, caféico, r-hidroxibenzóico y vainillínico. Los ácidos ferúlico, caféico, r -hidroxibenzóico y vainillínico están presentes en *Orégano onites*. Los aceites esenciales de especies de *Lippia* contienen limoneno, b -cariofileno, r -cimeno, canfor, linalol, a -pineno y timol, los cuáles pueden variar de acuerdo al quimiotipo. En extractos metanólicos de hojas de se han encontrado siete iridoideas minoritarios conocidos como loganina, secologanina, secoxiloganina, dimetilsecologanosido, ácido logánico, ácido 8-epi-logánico y carioptosido; y tres iridoideas mayoritarios como el ácido carioptosídico y sus derivados 6-O-p-coumaroil y 6-O-cafeoil [Arcila, 2004].

Mentha piperita

Esta planta herbácea perenne es conocida como menta, es una planta ramificada de la familia de *Labiadas*, crece en suelos húmedos y es aromática, de origen nativa de Europa, siendo cultivada en México en los estados de Coahuila, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Estado de México, Oaxaca, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz (Hanan, Heike et al., 2009). Los componentes principales en la calidad de la esencia de menta piperita es el mentol y el acetato de mentilo (Mizrahi, 1984).

Thymus vulgaris

La Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Química realizaron estudios de espectrofotometría Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) identificando el extracto de Tomillo preparado al 50% en masa con etanol absoluto para su extracción dejando macerar a temperatura ambiente, en la oscuridad y con agitación ocasional durante 15 días, posteriormente se filtró con lana de vidrio y se almacenó a 4°C para conservar el extracto hasta su análisis, los resultados son los siguientes: El estiramiento O-H, característico de los polifenoles provoca la aparición de una banda en el rango 3700-3600 cm⁻¹, si hay enlaces por puente de hidrógeno se produce un ensanchamiento de la banda y una ligera disminución en la frecuencia de absorción (3600-3000 cm⁻¹). Las vibraciones correspondientes al estiramiento C-H de los grupos metilo y metileno aparecen entre 3000-2850 cm⁻¹. Las bandas correspondientes al grupo carbonilo C=O aparecen en el rango (1830-1650 cm⁻¹), probablemente corresponde a flavonoides y/o cumarinas y el doble enlace C=C aromático, ocurren en pares a 1600 cm⁻¹ y 1450 cm⁻¹. La región de huella dactilar se halla en el rango (1500-600cm⁻¹). En esta región del espectro hay pequeñas diferencias características de cada planta. Dada la complejidad y singularidad del espectro en esta región es muy difícil su interpretación. presenta bandas en 828 cm⁻¹ y 657 cm⁻¹. Los metilenos CH₂, tienen una absorción característica de 1450-1485 cm⁻¹ atribuible a una vibración de flexión, bandas a 1160-1170 cm⁻¹ confirman la presencia de uniones C-O que pertenecen al éster proveniente de taninos hidrolizables. El contenido total de polifenoles en el extracto etanólico a 755 nm cuantificado con ácido gálico expresado en ppm =mg/Kg es de 854.3 ppm. (Damián et al., 2016)

El objetivo de este trabajo fue identificar los grupos funcionales para encontrar las moléculas que contienen las plantas y su relación con los polifenoles para el tratamiento de cáncer. El presente artículo presenta un estudio de metabolitos encontrados en extractos de plantas de uso común en México con alta posibilidad de presentar actividad anticancerígena, en etapa preclínica. El contenido de Polifenoles cuantificados de las siguientes 5 plantas medicinales que se describen muestran el rango de 1.122 a 2.471 mg GAE/g peso seco, indicando que estas plantas pueden actuar como agente antioxidante (Pérez, Y., García, R., & Del Ángel, Y., 2020) estos resultados afirman que las plantas si inhiben los radicales libres.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la muestra

Las muestras fueron recolectadas en el municipio de Tlaxcala, revisadas en aspecto para su selección por apariencia, lavadas suavemente en corriente de agua, cortadas y

secadas a 35°C de temperatura en horno de secado por 24 horas y guardadas en bolsas de papel para su posterior procesamiento, las muestras sólidas sólo deben ser molidas en pequeñas partículas para que puedan ser analizadas en el equipo, muestras líquidas deben recibir tratamiento de secado para eliminar la humedad que emite señal en el rango de 3000-3500 nm con la posibilidad de que se traslapen otros compuestos por la absorbancia extrema de los OH del agua. Los cuidados del equipo es el manejo de muestras y la estabilidad del equipo con la humedad relativa requerida para su buen funcionamiento.

Determinación de Grupos funcionales por Infrarrojo

Los espectrómetros infrarrojos son una herramienta importante para observar espectros vibracionales, las características más relevantes de esta espectroscopía en las plantas medicinales fue observar sustancias definidas. Considerando la huella digital de cada planta. Sin embargo, los espectros muestran bandas que son típicas de grupos funcionales particulares sin alteración de la muestra, lo que constituye a esta espectroscopía como una herramienta de análisis no destructiva y uso de muestra pequeña y de análisis rápido. El laboratorio cuenta con un infrarrojo de transformada de Fourier IR-ATR Thermo Scientific Nicolet modelo iS10.

3 | RESULTADOS

Resultados de infrarrojos de plantas medicinales para tratamiento de cáncer:

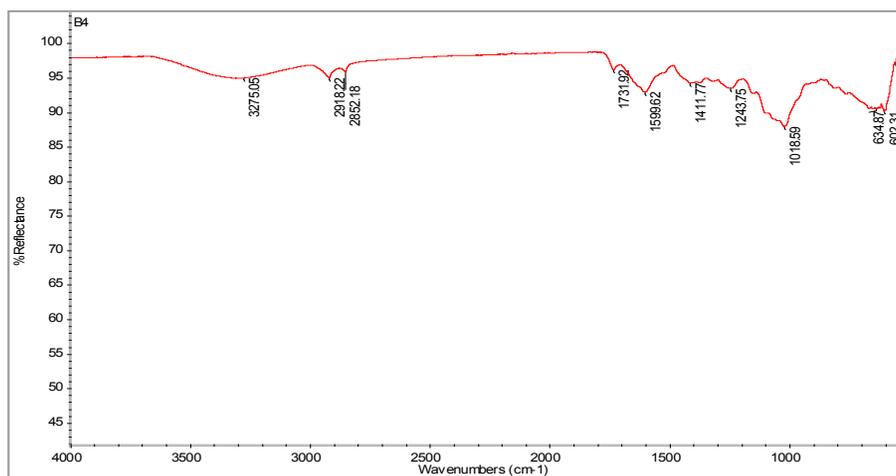


Figura 1. espectro de *Arnica montana*: B4, realizado en Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

No de onda (cm ⁻¹)	Grupo
3275.05	O-H Hidróxilo
2918.22	CH ₂
2852.18	CH ₃
1731.92	C=O Cetona
1599.62	C=C, N=N Alqueno y compuesto azoico
1411.77	CH ₂ , CH ₃
1243.75	C-O-C Eter
1018.58	COOH Ácido carboxílico
634.87	(CH ₂) _n
602.31	O=C=O Éster

Tabla1. Resultados de grupos funcionales en *Arnica montana* realizado en la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

Observaciones: De acuerdo a los grupos funcionales encontrados en infrarrojo se confirma la presencia de polifenoles por el hidróxilo presente; la cetona ayuda al funcionamiento del sistema inmunitario a partir de la síntesis de las grasas para transformar ATP; el grupo azoico favorece la eliminación de infecciones; el éter irrita la piel por ello el árnica debe utilizarse en bajas concentraciones, lo cual confirma el uso en las tisanas. El ácido carboxílico es útil como anticoagulante, desacelera la formación de coágulos. El grupo funcional éster es de los aromas conocidos como terpenos que contiene la planta.

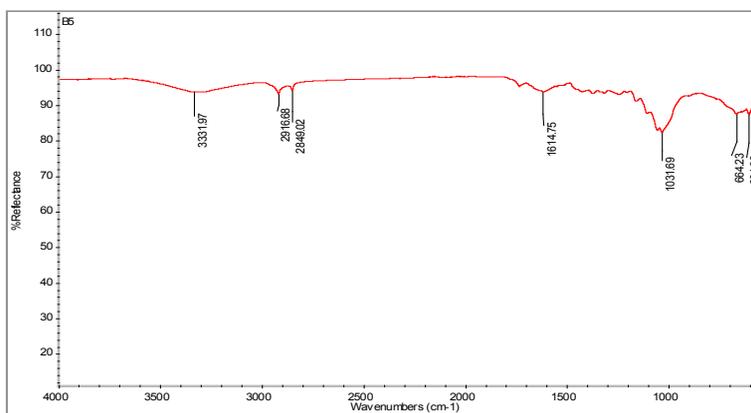


Figura 2. espectro de *Artemisia ludoviciana*: B5, realizado en Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

No de onda (cm ⁻¹)	Grupo
3331.97	OH Hidróxilo
2916.68	CH ₂
2849.02	CH ₃
1614.75	C=O Cetona
1031.69	OH primario
664.23	(CH ₂) _n
601.83	O=C=O Éster

Tabla 2. resultados de grupos funcionales de *Artemisia ludoviciana* realizado en la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

Observaciones: De acuerdo a los grupos funcionales encontrados en infrarrojo se confirma la presencia de polifenoles por el hidróxilo presente en 3331.97 y 1031.69; la cetona ayuda al funcionamiento del sistema inmunitario a partir de la síntesis de las grasas para transformar ATP; el grupo éter irrita la piel para que se considere cuando se utiliza en aceite, estos grupos funcionales confirman el uso de la comunidad. El grupo funcional éster es del aroma amargo conocido como terpenos que contiene la planta.

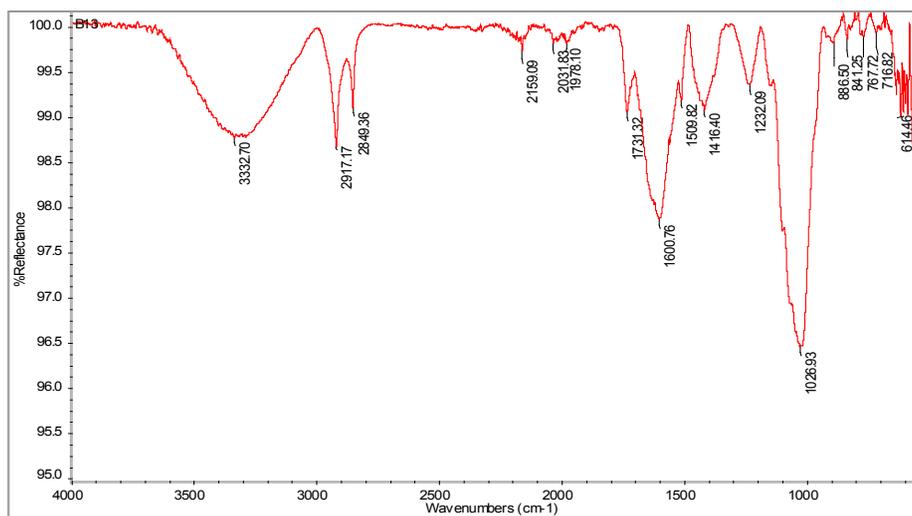


Figura 3. Espectro de *Lippia graveolens kunth* B13, realizado en Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

No de onda (cm ⁻¹)	Grupo 1	No de onda (cm ⁻¹)	Grupo
3332.70	Aromatico OH	1416.40	-CH ₂ -CO- Aldehído
2917.17	CH ₂	1232.09	-N=C=S Isotiocianato aromático
2849.36	-CH ₂ -	1026.93	C-OH Primario
2159.09	-N=C=N Carbodiimida	886.50	C-N Amina
2031.83	>C=N ⁺ =N ⁻ Diazo	841.25	C-H
1978.10	>C=C=C<	767.72	C-C
1731.32	O=C=O Ester	716.82	O=C=O Ester
1600.76	CH ₂	614.46	
1509.82	Núcleo bencénico		

Tabla 3. Resultados de grupos funcionales en *Lippia graveolens* kunth realizado en la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

Observaciones: De acuerdo a los grupos funcionales encontrados en infrarrojo se confirma la presencia de polifenoles por el hidróxilo presente; los isotiocianatos previenen el cáncer en diferentes tejidos; grupo amino es parte de los alcaloides; el éster es del aroma de los terpenos que contiene la planta; el grupo aldehído forma parte de la estructura de un polifenol -CHO no es literal aldehído; la Carbodiimida se utiliza para activar ácidos carboxílicos.

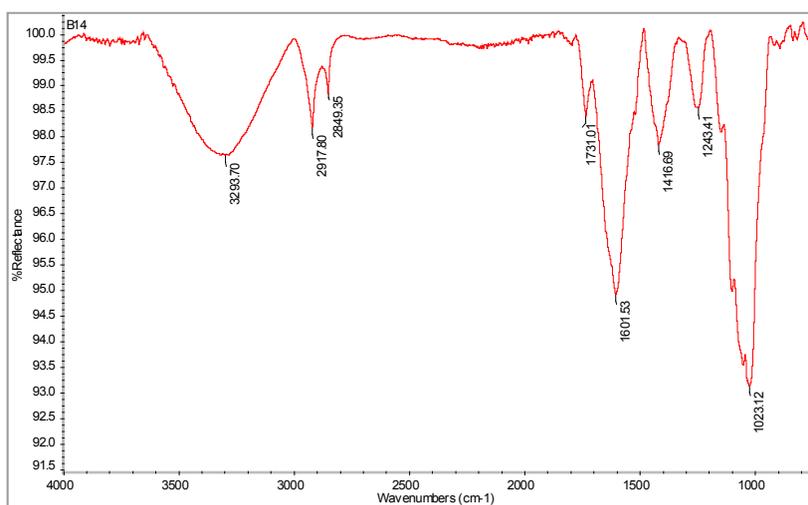


Figura 4. Espectro de Menta piperita B14, realizado en Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

No de onda (cm ⁻¹)	Grupo
3293.70	Aromatico OH
2917.80	CH ₂
2849.35	-CH ₂ -
1731.01	O=C=O Éster
1601.53	CH2
1416.69	-CH ₂ -CO- Aldehído
1243.41	-N=C=S Isocianato Aromatico
1023.12	C-C

Tabla 4. Resultados de grupos funcionales en Menta piperita realizado en la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

Observaciones: De acuerdo a los grupos funcionales encontrados en infrarrojo se confirma la presencia de polifenoles por el hidróxilo presente; los isotiocianatos previenen el cáncer en diferentes tejidos; grupo amino es parte de los alcaloides; el éster es del aroma de los terpenos que contiene la planta; el grupo aldehído forma parte de la estructura de un polifenol -CHO.

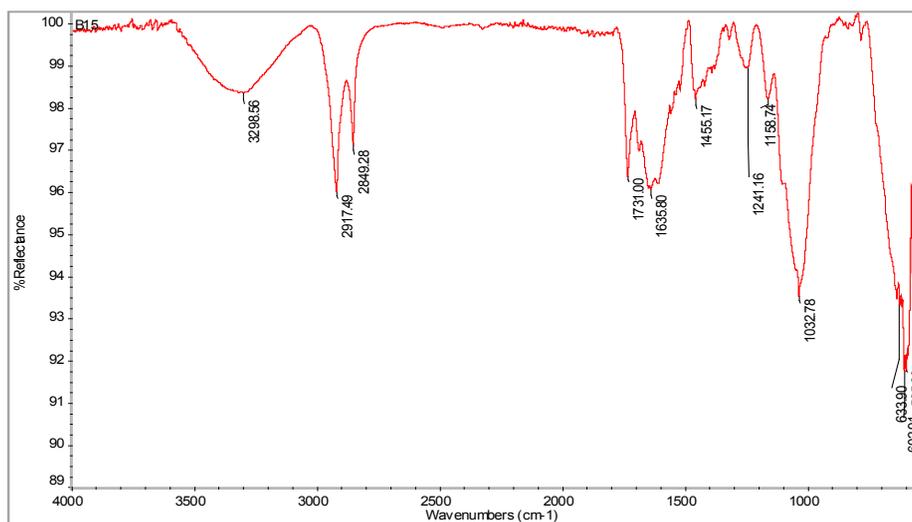


Figura 5. Espectro Thymus vulgaris de B15, realizado en Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

No de onda (cm ⁻¹)	Grupo
3298.56	Aromatico OH
2917.49	CH ₂
2849.28	-CH ₂ -
1731.00	O=C=O Éster
1635.80	-NH ₂ Amina primaria
1455.17	C-C
1241.16	C-OH Terciario
1158.74	C-OH Secundario
1032.78	C-OH Primario
633.90	
602.91	O=C=O Éster
595.60	Vibración C-OH:

Tabla 5. Resultados de grupos funcionales en *Thymus vulgaris* realizado en la Universidad Politécnica de Tlaxcala.

Fuente. Propia, 2019.

Observaciones: De acuerdo a los grupos funcionales encontrados en infrarrojo se confirma la presencia de polifenoles por el hidróxilo presente; grupo amino es parte de los alcaloides; el éster es del aroma de los terpenos que contiene la planta.

4 | CONCLUSIONES Y AGRADECIMIENTOS

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis cualitativo de grupos funcionales para la identificación de metabolitos secundarios, las plantas medicinales si contienen polifenoles con actividad antioxidante y usos potenciales en la medicina alternativa en beneficio de la salud. Sin embargo es necesario seguir realizando estudios que nos aproximen a las acciones terapéuticas y mecanismos de acción en pacientes con cáncer.

REFERENCIAS

Anaya-Eugenio, G. D., Rivero-Cruz, I., Bye, R., Linares, E., & Mata, R. (2016). Antinociceptive activity of the essential oil from *Artemisia ludoviciana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 179, 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.01.008>

Anaya-Eugenio, G. D., Rivero-Cruz, I., Rivera-Chávez, J., & Mata, R. (2014). Hypoglycemic properties of some preparations and compounds from *Artemisia ludoviciana* Nutt. *Journal of Ethnopharmacology*, 155(1), 416-425. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.051>

Anusmitha, K. M., Aruna, M., Job, J. T., Narayanankutty, A., Pb, B., Rajagopal, R., Alfarhan, A., & Barcelo, D. (2022). Phytochemical analysis, antioxidant, anti-inflammatory, anti-genotoxic, and anticancer activities of different *Ocimum* plant extracts prepared by ultrasound-assisted method. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 117, 101746. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101746>

Arcila Lozano Cynthia Cristina; Loarca Pina Guadalupe; Lecona Uribe Salvador El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. LAN [online]. 2004, vol.54, n.1, pp.100-111. ISSN 0004-0622

Blay Aulina, L., Louro Aldamiz-Echevarría, J., Ribes Cajas, P., Pascual Miguel, I., Mitkova Borisova, I., Sanchez Haro, E., Luna Tomás, M. Á., Ríos Gozalvez, C., Parrales Mora, M., Pares Martínez, D., Sala Serra, M., & Julian Ibañez, J. F. (2022). Cáncer de mama en pacientes octogenarias. *Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia*, 49(2), 100722. <https://doi.org/10.1016/j.gine.2021.100722>

Carvalho, I. S., Cavaco, T., & Brodelius, M. (2011). Phenolic composition and antioxidant capacity of six artemisia species. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 382-388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.005>

Carvalho, I. S., Teixeira, M. C., & Brodelius, M. (2011). Fatty acids profile of selected *Artemisia* spp. plants: Health promotion. *LWT - Food Science and Technology*, 44(1), 293-298. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.033>

Castro Reyes, B. (2021). Características del cáncer de mama en la mujer joven. *Revista de Senología y Patología Mamaria*, 34(2), 116-120. <https://doi.org/10.1016/j.senol.2020.06.007>

Damián, F., Roche, MA., Languasco, JM., & Rocca, PD.. (2016). Análisis químico de las especias: tomillo y salvia. 22 de abril de 2020, de Proyecciones, Vol.14 No. 1 Sitio web: <http://hdl.handle.net/11336/57839>.

Estrada-Soto, S., Sánchez-Recillas, A., Navarrete-Vázquez, G., Castillo-España, P., Villalobos-Molina, R., & Ibarra-Barajas, M. (2012). Relaxant effects of *Artemisia ludoviciana* on isolated rat smooth muscle tissues. *Journal of Ethnopharmacology*, 139(2), 513-518. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.11.041>

Ezeta-Miranda, A., Vera-Montenegro, Y., Avila-Acevedo, J. G., García-Bores, A. M., Estrella-Parra, E. A., Francisco-Marquez, G., & Ibarra-Velarde, F. (2020). Efficacy of purified fractions of *Artemisia ludoviciana* Nutt. Mexicana and ultrastructural damage to newly excysted juveniles of *Fasciola hepatica* in vitro. *Veterinary Parasitology*, 285, 109184. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109184>

Ginsburg, O., Yip, C.-H., Brooks, A., Cabanes, A., Caleffi, M., Dunstan Yataco, J. A., Gyawali, B., McCormack, V., McLaughlin de Anderson, M., Mehrotra, R., Mohar, A., Murillo, R., Pace, L. E., Paskett, E. D., Romanoff, A., Rositch, A. F., Scheel, J. R., Schneidman, M., Unger-Saldaña, K., ... Anderson, B. O. (2020). Breast cancer early detection: A phased approach to implementation. *Cancer*, 126 Suppl 10, 2379-2393. <https://doi.org/10.1002/cncr.32887>

Hanan, A., Heike, V., (2009). Malezas de México "Mentha X rotundifolia (L.) Huds.". 30 de noviembre de 2021, de Conabio.gob.mx Sitio web: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/lamiaceae/mentha-rotundifolia/fichas/ficha.htm>

Heinrich, M., Ankli, A., Frei, B., Weimann, C., & Sticher, O. (1998). Medicinal plants in Mexico: Healers' consensus and cultural importance. *Social Science & Medicine*, 47(11), 1859-1871. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(98\)00181-6](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(98)00181-6)

- Jakupovic, J., Tan, R. X., Bohlmann, F., Boldt, P. E., & Jia, Z. J. (1991). Sesquiterpene lactones from *Artemisia ludoviciana*. *Phytochemistry*, *30*(5), 1573-1577. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)84211-A](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)84211-A)
- Jurado Bambino, A., Wong-Achi, X., Rubio Machuca, J., & Apolo Carrión, C. (2020). Ganglio centinela en el cáncer de mama masculino: Reporte de caso y revisión de la literatura. *Revista de Senología y Patología Mamaria*, *33*(3), 121-124. <https://doi.org/10.1016/j.senol.2020.01.003>
- Liu, Y.-L., & Mabry, T. J. (1982). Flavonoids from *Artemisia ludoviciana* var. *Ludoviciana*. *Phytochemistry*, *21*(1), 209-214. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(82\)80045-9](https://doi.org/10.1016/0031-9422(82)80045-9)
- Lopes-Lutz, D., Alviano, D. S., Alviano, C. S., & Kolodziejczyk, P. P. (2008). Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, *69*(8), 1732-1738. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.02.014>
- Mizrahi, I., Sonvico, V., Juárez, M.. (1984). Contribución de la Espectroscopía Infrarroja en el Control de Calidad de Aceites Esenciales de Menta Piperita y Eucalipto. 27 de noviembre de 2021, de Acta Farm. Bonaerense 3 (2): 131-40 Sitio web: <http://www.acuedi.org/doc/6779/contribucion-de-la-espectroscopia-infrarroja-en-el-control-de-calidad-de-aceites-esenciales-de-menta-piperita-y-eucalipto.html>.
- Obon C et al. Arnica: a multivariate analysis of the botany and ethnopharmacology of a medicinal plant complex in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. *Ethanopharmacol* 2012; 144: 44–56.
- Pérez, Y.,García, R., Del Ángel, Y., (septiembre-diciembre 2020). Contenido de Polifenoles en Plantas Medicinales del Estado de Tlaxcala propuestas para el tratamiento de cáncer. *Frontera Biotecnológica*, 17, 152. 15 de diciembre de 2020, Del Primer Congreso Nacional de Tecnología y Biotecnología Agrícola Base de datos.
- Priyanka Kriplani, Kumar Guarve, Uttam S Baghael. Arnica montana L.—a plant of healing, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Volume 69, Issue 8, August 2017, Pages 925–945, <https://doi.org/10.1111/jphp.12724>.
- Rodríguez G., Arias G., Alzate V., Moncada E., Durán F., & Guerrero K., *El Guardian de la Salud Natural y Alternativa*, editorial grupo latino editores, Colombia, 2010.
- Ruiz-Cancino, A., Cano, A. E., & Delgado, G. (1993). Sesquiterpene lactones and flavonoids from *Artemisia ludoviciana* ssp. *Mexicana*. *Phytochemistry*, *33*(5), 1113-1115. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(93\)85032-M](https://doi.org/10.1016/0031-9422(93)85032-M)
- Said Fernández, S., Ramos Guerra, M. C., Mata Cárdenas, B. D., Vargas Villarreal, J., & Villarreal Treviño, L. (2005). In vitro antiprotozoal activity of the leaves of *Artemisia ludoviciana*. *Fitoterapia*, *76*(5), 466-468. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.04.009>
- Tagne, R. S., Telefo, B. P., Nyemb, J. N., Yemele, D. M., Njina, S. N., Goka, S. M. C., Lienou, L. L., Kamdje, A. H. N., Moundipa, P. F., & Farooq, A. D. (2014). Anticancer and antioxidant activities of methanol extracts and fractions of some Cameroonian medicinal plants. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, *7*, S442-S447. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60272-8](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60272-8)
- Ukwubile, C. A., Ahmed, A., Katsayal, U. A., Ya'u, J., & Mejida, S. (2019). GC–MS analysis of bioactive compounds from *Melastomastrum capitatum* (Vahl) Fern. leaf methanol extract: An anticancer plant. *Scientific African*, *3*, e00059. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00059>

OMS, (2021). Cancer de Mama, en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>, consultado en Noviembre 2021

Villavicencio G., E. E., R. Casique V., I. H. Almeyda L. y A. Cano P. 2009. Características fisicoquímicas de la hoja seca de orégano en poblaciones naturales de tres municipios del estado de Coahuila. IV RNIAF. Saltillo, Coah., pp.345

Villavicencio G., E. E., O. U. Martínez B. y A. Cano P. 2007. Orégano recurso con alto potencial. Rev. Ciencia y Desarrollo. Septiembre Vol. 33 No. 211. pp: 60-66.

SOBRE O ORGANIZADOR

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

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Antimicrobiano 56
Arbusto 30, 31
Áreas protegidas 11, 12, 14
Arnica montana 63, 66, 67, 73
Artemisia ludoviciana 60, 61, 62, 67, 68, 71, 72, 73
Asteraceae 19, 20, 27, 30, 31, 34, 61

B

- Bioma 4, 6, 14, 15, 19, 20, 21, 31, 34, 36, 37, 40, 42, 48, 49, 51, 52

C

- Caatinga 4, 17, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54
Cáncer 60, 61, 62, 63, 65, 66, 69, 70, 71, 72, 73
Cepas Bacterianas 57
Cerrado 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 44, 49, 50, 51, 52, 53
Commelinaceae 56, 59
Comunidade vegetal 22
Conservação 1, 3, 4, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 26, 30, 33, 34, 35, 37, 53, 59

D

- Diversidade vegetal 1

E

- Ecossistema 13, 21, 35
Ecótono 4, 38, 40, 49, 50
Extrato etanólico 55

F

- Fatores abióticos 39, 52
Fitofisionomia 26, 27, 30, 32, 34, 38, 44, 45, 48
Fitogeografia 75
Flora 1, 2, 5, 12, 15, 18, 21, 22, 26, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39

H

- Hotspots* 3, 4, 17

I

Índices fitossociológicos 42

M

Mentha piperita 60, 64

Microrganismos 55, 56, 57, 58

N

Nordeste brasileiro 52

O

Origanum vulgare 63

P

Plantas medicinales 60, 61, 65, 66, 71, 73

Polifenoles 60, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 73

Q

Quaternário 3

S

Semiárido brasileiro 52, 75

Similaridade florística 53

T

Thymus vulgaris 60, 65, 70, 71

Tradescantia zebrina 55, 56, 57, 58, 59

V

Vegetação 3, 11, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 32, 36, 37, 39, 41, 50, 51, 53, 54, 75

Z

Zonas bioclimáticas 3

CIÊNCIAS BOTÂNICAS:

Evolução e diversidade de plantas

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

2

CIÊNCIAS BOTÂNICAS:

Evolução e diversidade de plantas

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

2