



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

LUAN PEDRO DA SILVA

**ÁREAS DE ENDEMISMOS, VIESES DE AMOSTRAGEM E *STATUS* DE
CONSERVAÇÃO DE *Cordia* L. (CORDIACEAE) NA AMÉRICA DO SUL**

RECIFE

2024

LUAN PEDRO DA SILVA

**ÁREAS DE ENDEMISMOS, VIESES DE AMOSTRAGEM E *STATUS* DE
CONSERVAÇÃO DE *Cordia* L. (CORDIACEAE) NA AMÉRICA DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade - UFRPE, como um dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. José Iranildo Miranda de Melo – Universidade Estadual da Paraíba

RECIFE

2024

A678

da Silva, Luan Pedro

ÁREAS DE ENDEMISMOS, VIESES DE AMOSTRAGEM E STATUS DE CONSERVAÇÃO DE Cordia L.
(CORDIACEAE) NA AMÉRICA DO SUL / Luan Pedro da Silva. - 2024.
48 f.

Orientador: Jose Iranildo Miranda de Melo.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade,
Recife, 2024.

1. Boraginales. 2. conservação. 3. distribuição geográfica. 4. padrões biogeográficos. 5. vieses de coleta. I. Melo, Jose
Iranildo Miranda de, orient. II. Título

CDD 333.95

LUAN PEDRO DA SILVA

**ÁREAS DE ENDEMISMOS, VIESES DE AMOSTRAGEM E STATUS DE
CONSERVAÇÃO DE *Cordia* L. (CORDIACEAE) NA AMÉRICA DO SUL**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 30/01/2024

Prof. Dr. José Iranildo Miranda de Melo – Presidente
(Universidade Estadual da Paraíba - UEPB)

Profª. Dra Thaynara de Sousa Silva
(Prefeitura Municipal de Catolé do Rocha)

Profª. Dra. Sarah Maria Athiê de Souza
(Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE)

Aos meus pais, Edilza e Lourival, DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Edilza e Lourival, e ao meu irmão, Bruno, por todo apoio que recebi para continuar minha trajetória acadêmica.

Agradeço ao professor Iranildo, todas as oportunidades acadêmicas e a confiança no meu trabalho.

Agradeço ao PPGBIO-UFRPE e ao CNPq a bolsa concedida.

Agradeço aos membros da banca por aceitarem revisar o meu trabalho final de dissertação, Prof^a. Dr.^a Thaynara de Sousa Silva e Prof^a. Dr.^a Sarah Maria Athiê de Souza.

Agradeço à equipe do LaBot na sua antiga e atual configuração pelos seis anos de convivência.

Agradeço às amigas, Erimágna Rodrigues, Aureliana Gomes e Vitória Lima pelo apoio, conversas sobre o trabalho, ajuda com os mapas e pelo enorme incentivo que me impulsionou ao doutorado.

Agradeço a minha psicóloga, Wanessa Ribeiro, por toda ajuda nesse último ano que com certeza foi essencial para que eu continuasse cursando o mestrado.

Agradeço a todos que contribuíram e que não foram aqui mencionados.

Sumário

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
Manuscrito 1	15
Introdução.....	18
Material e métodos.....	19
Resultados	19
Discussão	21
Conclusões	21
Agradecimentos	22
Referências.....	22
Figuras e Legendas	24
Manuscrito 2	26
Resumo.....	28
1. Introdução.....	29
2. Material e métodos.....	30
3. Resultados	31
4. Discussão.....	31
5. Conclusões.....	32
Agradecimentos	33
Destaques.....	36
Manuscrito 3	41
Introduction.....	42
Material and methods.....	43
Results.....	44
Discussion.....	44
Conclusion.....	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

Resumo

Cordia L. (Cordiaceae) é um gênero pantropical que possui 250 espécies, com aproximadamente 100 delas ocorrendo na América do Sul, dentre as quais, várias possuem propriedades farmacológicas, medicinais e alimentícias. Nessa dissertação, é apresentado o primeiro estudo para o gênero enfocando as áreas de endemismos, vieses de amostragem e os *status* de conservação das espécies de *Cordia*, objetivando responder às seguintes perguntas: quais as áreas de endemismos?; quais os vieses de amostragem, riqueza e centros de coleta para o gênero ?; quais os *status* de conservação das suas espécies e se elas se encontram dentro de alguma área protegida. Para responder a essas perguntas, compilamos um banco de dados com aproximadamente 18 mil registros tratados de forma automatizada e manualmente verificada. Em seguida, adotamos diversas metodologias e como resultados, descobrimos que a maioria das áreas de endemismos estão concentradas no Planalto das Guianas ou escudo das Guianas (Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Venezuela), norte da Colômbia e Oeste do Equador. Já no que concerne aos vieses de amostragem e os centros de coletas e de riqueza, reportamos aqui que o Brasil é o mais diversificado taxonomicamente e o mais bem coletado enquanto que Argentina, Chile e Uruguai são os países menos coletados e o viés amostral para o gênero está concentrado em estradas. Os *status* de conservação das espécies de *Cordia* se enquadraram no critério B, com 49 delas quase ameaçadas (NT), 16 pouco preocupantes (LC), 15 como em perigo, 6 como vulnerável (VU) e 1 como criticamente ameaçada (CR). Em contraste com esses resultados, 87% das espécies encontram-se em algum tipo de área protegida. Com base nos nossos resultados, recomendamos que estudos como este sejam aplicados aos demais gêneros e famílias da ordem Boraginales.

Palavras-chave: Boraginales, conservação, distribuição geográfica, padrões biogeográficos, vieses de coleta.

Abstract

Cordia L. (Cordiaceae) is a pantropical genus comprising 250 species, with approximately 100 species in South America. Several of its representatives exhibit pharmacological, medicinal, and culinary properties. This dissertation presents the initial study focusing on the genus, emphasizing its areas of endemism, sampling biases, and conservation statuses of its species, aiming to address the following questions: What are the areas of endemism? What are the sampling biases, richness, and collection centers for the genus? What are the conservation statuses of its species, and are they located within any protected areas? To address these questions, we compiled a database of approximately 18,000 records treated through automated and manually verified methods. Subsequently, we adopted various methodologies and found that the majority of endemism areas are concentrated in the Guiana Shield (Guyana, Suriname, French Guiana, and Venezuela), northern Colombia, and western Ecuador. Regarding sampling biases, collection centers, and richness, our findings indicate that Brazil is the most taxonomically diverse and well-collected while Argentina, Chile, and Uruguay are the least sampled countries, with sampling bias for the genus concentrated along roads. The conservation status of *Cordia* species falls under Criterion B, with 49 species classified as near threatened (NT), 16 as least concern (LC), 15 as endangered, 6 as vulnerable (VU), and 1 as critically endangered (CR). In contrast to these results, 87% of the species are found within some type of protected area. Based on our findings, we recommend that studies like this be applied to other genera within the Boraginales order.

Keywords: Biogeographical patterns, Boraginales, collection biases conservation, geographical distribution.

FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

Diversidade taxonômica de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

Cordia L. (Cordiaceae, Boraginales) possui distribuição tropical e subtropical (MILLER, 2001, 2013) e reúne aproximadamente 300 espécies, das quais 100 atualmente encontram-se registradas na América do Sul (TARODA, 1987; GUIMARÃES, 2016; MELO, 2021). Suas representantes são predominantemente arbóreas, incluindo arbustos e subarbustos e, no âmbito do conhecimento sobre a sua diversidade taxonômica foi abordado em vários estudos (MILLER, 2001; STAPF, 2020; PEDRO-SILVA, 2021) e fitoquímicos (JASIEM, 2016; PRABU, 2019; RAINA, 2022), sendo amplamente pesquisado, especialmente, por possuir compostos bioativos de interesse da indústria farmacêutica e recentemente, também foi abordada a sua anatomia floral com ênfase às implicações evolutivas (HEIGL, 2020; PÄTZOLD, 2023). Apesar do conjunto de informações até então reunidas para *Cordia*, estudos abordando a biogeografia e a conservação do gênero são praticamente inexistentes.

Do ponto de vista taxonômico, *Cordia* é um gênero de delimitação complexa reconhecida caracterizado por possuir hábito arbóreo, arbustivo ou subarbustivo, cálice cilíndrico, flores brancas, amarelas a alaranjadas, estames epipétalos e presença de disco nectarífero na base do ovário (MILLER, 2001). No que concerne à sua classificação infragenérica, está dividido em seis seções: *Cordia* sect. *Cordia* L., *C.* sect. *Gerascanthus* (P. Browne) G. Don, *C.* sect. *Rhabdocalyx* A.DC., *C.* sect. *Pilicordia* A.DC., *C.* sect. *Superbiflorae* Taroda e *C.* sect. *Myxa* Endl. (STAPF, 2007, MILLER, 2013).

Importância dos herbários em pesquisas sobre biodiversidade

Há vários séculos, os herbários têm o papel de guardiões da biodiversidade vegetal (BEBBER, 2010). Essas estruturas de pesquisa são amplamente usadas para estudos taxonômicos, e nos tempos atuais têm se destacado por constituírem uma importante ferramenta para desvendar padrões de biodiversidade em larga escala (DAVIS, 2023), principalmente, no antropoceno (MEINEKE, 2019). Especialmente em um cenário no

qual o planeta observa o declínio mais contundente da biodiversidade, necessitando de respostas rápidas para mitigar questões de cunho conservacionista, contribuindo em diversas áreas da Botânica (HEDRICK, 2020) como a biogeografia (HARRIS et al., 2023), conservação (NUALART, 2017), fenologia (WILLIS et al., 2017), mudanças climáticas (DENNEY, 2020) e sistemática (WEN et al., 2015).

As informações que auxiliam essas áreas são facilmente obtidas a partir de bases de dados, principalmente, no GBIF - Global Biodiversity Information Facility (TELENIUS, 2011) e *SpeciesLink* (CANHOS et al., 2022).

Importância da detecção de vieses de amostragem e lacunas de coletas

Abordar as lacunas de coletas é essencial para uma interpretação o mais aproximado possível da biodiversidade vegetal através de dados armazenados em repositórios de coleções naturais. Nesse contexto, determinar as lacunas de coleta pode ser útil para minimizar os déficits Wallaceanos (distribuição) e Lineanos (descoberta de espécies) de vários grupos de plantas em regiões ricas como os neotrópicos (ZIZKA, 2021). No entanto, essas informações são inexistentes para a grande maioria dos gêneros de fanerógamos como é, por exemplo, o caso de *Cordia* (Cordiaceae).

Importância da detecção de *status* de conservação

Com o declínio da biodiversidade vegetal provocado, principalmente, pelas intensas atividades humanas alterando habitats, a avaliação periódica da conservação baseada nos critérios da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza) é uma prática importante. Nessa perspectiva, nos últimos anos foram propostas metodologias (DAUBY, 2017; ZIZKA, 2021) que auxiliam pesquisadores a avaliar gêneros ou famílias inteiras com base nas diretrizes da IUCN; detectando as categorias e reportando os resultados para priorização da conservação desses táxons.

Isto significa dizer, que, a extinção de uma espécie implica além da perda de riqueza bem como a perda de história evolutiva (HEARD, 2000), de serviços ecossistêmicos (DEE, 2019), compostos bioativos e de espécies utilizadas na alimentação humana.

REFERÊNCIAS

BEBBER, D. P. et al. Herbaria are a major frontier for species discovery. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 51, p. 22169–22171. 2010.

CANHOS, D. A. L. et al. SpeciesLink: rich data and novel tools for digital assessments of biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 22, e20221394. 2022.

DAUBY, G. et al. ConR: An R package to assist large-scale multispecies preliminary conservation assessments using distribution data. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 24, p. 11292–11303. 2017.

DA SILVA, M. B. Áreas de endemismo: as espécies vivem em qualquer lugar, onde podem ou onde historicamente evoluíram?. **Revista da Biologia**, v. 7, n.1, p. 12-17. 2018.

DAVIS, C. C. The herbarium of the future. **Trends in Ecology & Evolution**, v.38, n.5, p. 412-423. 2022.

DEE, L. E. et al. When Do Ecosystem Services Depend on Rare Species? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 8, p. 746-758. 2019.

DENNEY, D. A. et al. Natural history collections document biological responses to climate change: A commentary on DeLeo et al. (2019), Effects of two centuries of global environmental variation on phenology and physiology of *Arabidopsis thaliana*. **Global change biology**, v. 26, n. 2, p. 340-342. 2020.

FLORENTÍN, J. E. et al. Areas of endemism and conservation status of *Galianthe* species (Spermacoceae, Rubiaceae) in the Neotropics. **Systematics and Biodiversity**, v. 20, n. 1, p. 1-20. 2022.

GUIMARÃES, E. F.; MELO, J. I. M.; RANGA, N. T. A new species of *Cordia* (Cordiaceae) for the state of Minas Gerais, Brazil. **Anales del Jardín Botánico de Madrid**, v. 73, n. 1, p. 1-3. 2016.

HARRIS, T. et al. Trait hypervolumes based on natural history collections can detect ecological strategies that are distinct to biogeographic regions. **Journal of Ecology**, v. 111, n. 2, p. 314-326. 2022.

HEARD, S. B.; MOOERS, A. Ø. Phylogenetically patterned speciation rates and extinction risks change the loss of evolutionary history during extinctions. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 267, n. 1443, p. 613-620. 2000.

HEDRICK, B. P. et al. Digitization and the future of natural history collections. **BioScience**, v. 70, n. 3, p. 243-251. 2020.

HEIGL, H. M. L. et al. Flower and fruit anatomy of *Cordia nodosa* Lam. and *Varronia bonplandii* Desv. (Cordiaceae, Boraginales) with phylogenetic implications. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 20, p. 9-24. 2020.

JASIEM, T. M. et al. Phytochemical study and antibacterial activity of crude alkaloids and mucilage of *Cordia myxa* in Iraq. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 39, n. 1, p. 232-236. 2016.

MELO, J. I. M. et al. New records in Brazil reveal a disjunct distribution for *Cordia weddellii* (Cordiaceae). **Darwiniana**, nueva serie, v. 9, n. 2, p. 320-328. 2021.

MEINEKE, E. K. et al. Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 374, n. 1763, p. 20170386. 2019.

MILLER, J. S. New Boraginaceae from tropical America 4: three new species of *Cordia* from South America. **Novon**, v. 11, n.4 p. 421-428. 2001.

MILLER, J. S. A revision of *Cordia* section *Gerascanthus* (Boraginales: Cordiaceae). **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**, v. 7, n. 1 p. 55-83. 2013.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858. 2000.

NARVÁEZ-GÓMEZ, J. P et al. Unravelling distribution patterns of Neotropical lianas: an analysis of endemism of tribe Bignoniaceae (Bignoniaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 199, n. 1, p. 470-495. 2022.

NUALART, N. et al. Assessing the relevance of herbarium collections as tools for conservation biology. **The Botanical Review**, v. 83, p. 303-325. 2017.

PÄTZOLD, J. et al. Observations on flower and fruit anatomy in dioecious species of *Cordia* (Cordiaceae, Boraginales) with evolutionary interpretations. **Organisms Diversity & Evolution**, v. 23, n. 1, p. 77-90. 2023.

PEDRO-SILVA, L. et al. A New Species of *Cordia* sect. *Gerascanthus* (Cordiaceae) from a Brazilian Semiarid Region. **Harvard Papers in Botany**, v. 26, n. 2, p. 445-448. 2021.

PRABU, K. et al. Anti-oxidant activity, phytochemical screening and HPLC profile of rare endemic *Cordia diffusa*. **Journal of King Saud University-Science**, v. 31, n. 4, p. 724-727. 2019.

RAINA, S. et al. Anticancer Activity of *Cordia dichotoma* against a Panel of Human Cancer Cell Lines and Their Phytochemical Profiling via HPLC and GCMS. **Molecules**, v. 27, n. 7, p. 2185. 2022.

STAPF, M. N. S. Avaliação da classificação infragenérica de *Cordia* L. (Cordiaceae) e revisão taxonômica de *Cordia* sect. *Pilocordia* DC. para o Brasil. 2007. Tese. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

TARODA, N. et al. Studies on the genus *Cordia* L. (Boraginaceae) in Brazil. 2. An outline taxonomic revision of subgenus *Myxa* Taroda. **Hoehnea**, v. 14, p. 31-52. 1987.

TELENIUS, A. Biodiversity information goes public: GBIF at your service. **Nordic Journal of Botany**, v. 29, n.3, p.378-381. 2011.

WEN, J. et al. Collections-based systematics: Opportunities and outlook for 2050. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 53, n. 6, p. 477-488. 2015.

WILLIS, C.G.et al. Old plants, new tricks: Phenological research using herbarium specimens. **Trends in ecology & evolution**, v. 32 n. 7, p. 531-546. 2017.

ZIZKA, A. et al. IUCNN–Deep learning approaches to approximate species' extinction risk. **Diversity and Distributions**, v. 28, n. 2, p. 227-241. 2022.

ZIZKA, A. et al. Sampbias, a method for quantifying geographic sampling biases in species distribution data. **Ecography**, v. 44, n. 1, p. 25-32. 2021.

Manuscrito 1

Áreas de endemismo de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

A ser enviado ao:



Qualis CAPES: A2 (Biodiversidade) | JCR: 1.326

Áreas de endemismo de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

Luan Pedro da Silva^{1*} & José Iranildo Miranda de Melo²

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, Pernambuco, Brasil

²Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Av. das Baraúnas 351, *Campus* Universitário, Bairro Universitário, 58429-500 Campina Grande, Paraíba, Brasil

Luan Pedro da Silva ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6530-7140>

José Iranildo Miranda de Melo ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9404-3807>

Palavras-chave: Barreira geográfica, montanhas, especiação alopátrica

Título abreviado: Áreas de endemismo de *Cordia* L.

Seção: Ecossistemas

*Autor para correspondência: Luan Pedro da Silva.

E-mail: luannpedro@gmail.com

Resumo

Áreas de endemismos são cruciais para biogeografia histórica e conservação, constituindo-se relevantes para a conservação da biodiversidade e entendimento da evolução e processos de formação de uma biota. Nesse estudo, abordamos o gênero *Cordia* L. (Cordiaceae), que apresenta distribuição pantropical e cerca de 300 espécies com várias delas apresentando propriedades farmacológicas e usos na medicina tradicional. Pretendemos responder à seguinte pergunta: quais as áreas de endemismo de *Cordia* na América do Sul? e para responder essa questão, compilamos 17975 registros associados aos bancos de dados GBIF (Global Biodiversity Information Facility) e *SpeciesLink*. Utilizamos o Pacote R CoordinateCleaner para detectar registros duplicados, coordenadas trocadas e pontos no oceano. Em seguida, realizamos uma verificação manual dos registros e usamos o programa NVDM/NDM para detectar as áreas de endemismo com tamanhos de célula de $0.75^\circ \times 0.75^\circ$, $1^\circ \times 1^\circ$, $2^\circ \times 2^\circ$ e $3^\circ \times 3^\circ$. Como resultados, verificamos que a célula de $0.75^\circ \times 0.75^\circ$ não foi eficiente na recuperação de áreas de endemismo. Para a área de $1^\circ \times 1^\circ$ recuperamos apenas uma área de endemismo enquanto que a célula de $2^\circ \times 2^\circ$ foi a mais eficiente em recuperar essas áreas recuperando três áreas e com o tamanho de célula de $3^\circ \times 3^\circ$ recuperamos duas áreas. A maioria das áreas de endemismos estão concentradas no Planalto das Guianas ou escudo das Guianas (Guiana, Venezuela e Guiana Francesa), norte da Colômbia e Oeste do Equador. Aqui, pela primeira vez foram identificadas áreas de endemismo para o gênero *Cordia* na América do Sul, sendo identificadas quatro áreas de endemismo associadas a altitudes elevadas como o escudo das Guianas. A formação dessas áreas de endemismo provavelmente está associada à especiação alopátrica, tendo as montanhas como barreira, provocando o isolamento geográfico de populações e a formação de rápidas radiações.

Palavras-chave: América do Sul, Barreira geográfica, especiação alopátrica.

Introdução

Áreas de endemismos são cruciais para biogeografia histórica e conservação, sendo consideradas unidades padrão em biogeografia e, portanto, fundamentais para a preservação da biodiversidade, conservação e entendimento da evolução e dos processos de formação de uma biota (Harold & Mooi, 1994, Platnick, 1991, Da Silva, 2011). A distribuição no espaço de espécies endêmicas não é aleatória, é determinada por diversos fatores, que podem ser agrupados em ecológicos (clima, altitude, umidade) e históricos (vicariância, especiação). (Szumik, 2002).

Segundo Da Silva (2011), espécies que compõem as áreas de endemismos são únicas por ocorrerem restritamente nas localidades onde se especiam, expandiram ou retraíram.

O gênero *Cordia* L. (Cordiaceae) possui distribuição pantropical contendo espécies ao redor do globo com um dos principais centros de riqueza e diversidade concentrado na América do Sul (Miller, 2001; Gottschling & Miller, 2007). Suas espécies apresentam propriedades medicinais e farmacológicas (Matias et al, 2015), mas informações que concernem à biogeografia do gênero não estão disponíveis como, por exemplo, as áreas de endemismo. Taxonomicamente, *Cordia* é um gênero de delimitação complexa reconhecida por possuir hábito arbóreo, arbustivo ou subarbustivo, cálice cilíndrico, flores brancas, amarelas e alaranjadas, estames epipétalos e presença de disco nectarífero na base do ovário. (Miller, 2001). No que concerne à sua classificação infragenérica, encontra-se dividido em seis seções: *Cordia* sect. *Cordia* L., *C.* sect. *Gerascanthus* (P. Browne) G. Don, *C.* sect. *Rhabdocalyx* A.DC., *C.* sect. *Pilicordia* A.DC., *C.* sect. *Superbiflorae* Taroda e *C.* sect. *Myxa* Endl. (Stapf, 2007, Miller, 2013)

Considerando a ausência de informações sobre as áreas de endemismo para *Cordia*, nosso estudo teve por objetivo detectar as áreas de endemismo desse gênero na América do Sul.

Material e métodos

Compilamos 17975 registros de *Cordia* para a América do Sul através de consultas às bases de dados *SpeciesLink* (<https://specieslink.net/>) e GBIF - Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>). Os bancos de dados foram concatenados e o pacote R *Coordinatecleaner* (Zizka, 2019) foi usado para detectar registros duplicados, coordenadas trocadas e pontos no oceano. Em seguida, foi feita a verificação manual para garantir a identidade dos registros. A nomenclatura foi verificada através de consultas à plataforma do Plants Of The World (POWO, 2023).

Para a análise no NVDM/NDM, o banco de dados foi convertido em um arquivo com extensão. xyd no GeX (<https://gex.mfuhlendorf.com/>).

Para a detecção das áreas de endemismo, usamos o critério de otimalidade avaliando a congruência entre a distribuição de espécies através do método NVDM/NDM (Szumik et al., 2002; Szumik; Goloboff, 2004) a partir de quadriculas de $0,75^\circ \times 0,75^\circ$, $1^\circ \times 1^\circ$, $2^\circ \times 2^\circ$ e $3^\circ \times 3^\circ$. Os quatro tamanhos de escalas foram usados para mensurar a robustez das áreas de endemismos. Avaliamos a distribuição das espécies em quatro escalas espaciais $0.75^\circ \times 0.75^\circ$, $1^\circ \times 1^\circ$, $2^\circ \times 2^\circ$ e $3^\circ \times 3^\circ$ e utilizamos todo o banco de dados contendo 98 espécies.

Resultados

Não conseguimos recuperar nenhuma área com $0.75^\circ \times 0.75^\circ$. Os tamanhos de células de $1^\circ \times 1^\circ$ (Figura 1), $2^\circ \times 2^\circ$ (Figura 2) e $3^\circ \times 3^\circ$ (Figura 3) foram mais eficientes em recuperar áreas de endemismo para as espécies de *Cordia* na América do Sul.

Foram recuperadas apenas áreas que apresentavam espécies endêmicas (*Cordia allartii*, *C. fanchoniae*, *C. fulva*, *C. gentryi*, *C. guacharaca*, *C. koemarie*, *C. laevifrons*, *C. protracta* e *C. umbellifera*. (Tabela 1).

Com o tamanho de célula de 1° x 1° recuperamos uma área no escudo das Guianas (Guiana, Venezuela e Guiana Francesa) enquanto que com o tamanho de célula de 2° x 2° recuperamos 3 áreas no escudo das Guianas, norte da Colômbia e Oeste do Equador e no tamanho de célula 3° x 3° recuperamos o escudo das Guianas e a Venezuela.

A maioria das áreas de endemismo estão concentradas no Planalto das Guianas ou escudo das Guianas (Guiana, Venezuela e Guiana Francesa), norte da Colômbia e Oeste do Equador. De acordo com as informações contidas nas etiquetas dos espécimes, as espécies foram encontradas de 1500-2000 m em regiões montanhosas.

Tabela 1: Tamanho de célula, quantidade de áreas de endemismo e espécies que suportam as áreas

Tamanho da célula (grid)	Quantidade de áreas de endemismo	Espécies endêmicas (Score)
0.75° x 0.75°	0	-
1° x 1°	1	<i>Cordia fanchoniae</i> (0.318750) <i>Cordia laevifrons</i> (0.662829)
2° x 2°	3	<i>Cordia fulva</i> (0.879310) <i>Cordia koemarie</i> (0.678571) <i>Cordia protracta</i> (0. 40875) <i>Cordia gentryi</i> (0.359874) <i>Cordia laevifrons</i> (0.448276)
3° x 3°	2	<i>Cordia fanchoniae</i> (0.761719) <i>Cordia fulva</i> (0.867839) <i>Cordia koemarie</i> (0.708333) <i>Cordia laevifrons</i> (0.868490) <i>Cordia umbellífera</i> (0.35896) <i>Cordia guacharaca</i> (0.40000) <i>Cordia allartii</i> (0.900000)

Discussão

Pela primeira vez foram identificadas áreas de endemismo para o gênero *Cordia* (Cordiaceae) na América do Sul. Identificamos quatro áreas de endemismos associadas às áreas de altitude elevada como o escudo das Guianas. Essas áreas foram suportadas por nove espécies endêmicas, as quais pela sua distribuição exclusiva e restrita podem ser consideradas espécies raras (microendêmicas).

A formação dessas áreas de endemismo provavelmente está associada à especiação alopátrica, tendo as montanhas como barreira, provocando o isolamento geográfico de populações (Hughes et al, 2015) e, com isso, também podendo levar a rápidas radiações evolutivas, aumentando a diversidade taxonômica (Schwery et al, 2015).

De acordo com os resultados encontrados por Pedro-Silva & Melo (2023), as espécies que formaram as áreas de endemismo encontram-se enquadradas predominantemente na categoria EN (Em perigo) da IUCN. Essa congruência de informações pode apoiar a criação de áreas protegidas, com as espécies *Cordia koemariae* e *C. umbellifera* em categoria de ameaça e fora de áreas protegidas.

Conclusões

Pela primeira vez reportamos aqui as áreas de endemismo para *Cordia* (Cordiaceae) na América do Sul, constituindo informações importantes para formular hipóteses biogeográficas e apoiar ações de conservação para o gênero nessa região. Com base nos nossos resultados, recomendamos a criação de áreas protegidas onde as espécies *Cordia koemarie* e *C. umbellifera* estejam incluídas e reforçamos, que, esse tipo de abordagem é necessário para os demais grupos da ordem Boraginales devido à grande utilização (econômica, farmacológica e até ecológica) das suas espécies. Nesse contexto, o conhecimento das áreas de endemismo poderá contribuir para o manejo e conservação das suas espécies e das áreas onde elas ocorrem.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); LPS, a Bolsa de Mestrado (Proc. no. 130202/2022-3) e JIMM, a Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ-2, Proc. no. 306658/2022-4).

Referências

- DA SILVA, M. B. Áreas de endemismo: as espécies vivem em qualquer lugar, onde podem ou onde historicamente evoluíram. 2011. Rev Bio, 7 (1): 12-17.
- HAROLD, ANTONY S., & RANDALL D. MOOI. Areas of endemism: definition and recognition criteria. 1994. Syst Biol, 43(2): 261-266.
- HUGHES, COLIN E., & GUY W. ATCHISON. The ubiquity of alpine plant radiations: from the Andes to the Hengduan Mountains. 2015. New Phytol, 207(2): 275-282.
- MATIAS, E. F. F., ALVES, E. F., SILVA, M. K. D. N., CARVALHO, V. R. D. A., COUTINHO, H. D. M., & COSTA, J. G. M. D. The genus *Cordia*: Botanists, ethno, chemical and pharmacological aspects. 2015. Revista Brasileira de Farmacognosia, 25(5): 542–552.
- MILLER, J. S. New Boraginaceae from tropical America 4: three new species of *Cordia* from South America. 2001. Novon, 11(4), 421-428.
- MILLER, J. S., & GOTTSCHLING, M. Generic classification in the Cordiaceae (Boraginales): resurrection of the genus *Varronia* P. Br. 2007. Taxon, 56(1):163-169.
- MILLER, J. S.. A revision of *Cordia* section *Gerascanthus* (Boraginales: Cordiaceae). Journal of the Botanical Research Institute of Texas 2013. 7(1) 55–83

PEDRO-SILVA, L., AND J. I. M. MELO. Conservation assessments using herbarium data reveal a genus at risk: The case of *Cordia* L. (Cordiaceae) in South America. 2023. J. Nat. Conserv. 77(1): 126537.

PLATNICK, N. I. On areas of endemism. 1991. Aust. Syst. Bot., 4(1):11.

SZUMIK, C. A. et al. An optimality criterion to determine areas of endemism. Systematic Biology, 51, 806-816, 2002.

SZUMIK, C. A.; GOLOBOFF, P. A. Areas of endemism: An improved optimality criterion. 2004. Syst Biol, 53 (1): 968-977.

SCHWERY, O, et al. As old as the mountains: the radiations of the Ericaceae. 2015. New Phytol 207(2): 355-367.

STAPF, M. N. S. Avaliação da classificação infragenérica de *Cordia* L. (Cordiaceae) e revisão taxonômica de *Cordia* sect. *Pilicordia* DC. para o Brasil. 2007. Tese. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

ZIZKA, A., SILVESTRO, D., ANDERMANN, T., AZEVEDO, J., DUARTE RITTER, C., EDLER, D., & ANTONELLI, A. CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. 2019. Methods. Ecol. Evol. 10(5): 744-751

Figuras e Legendas

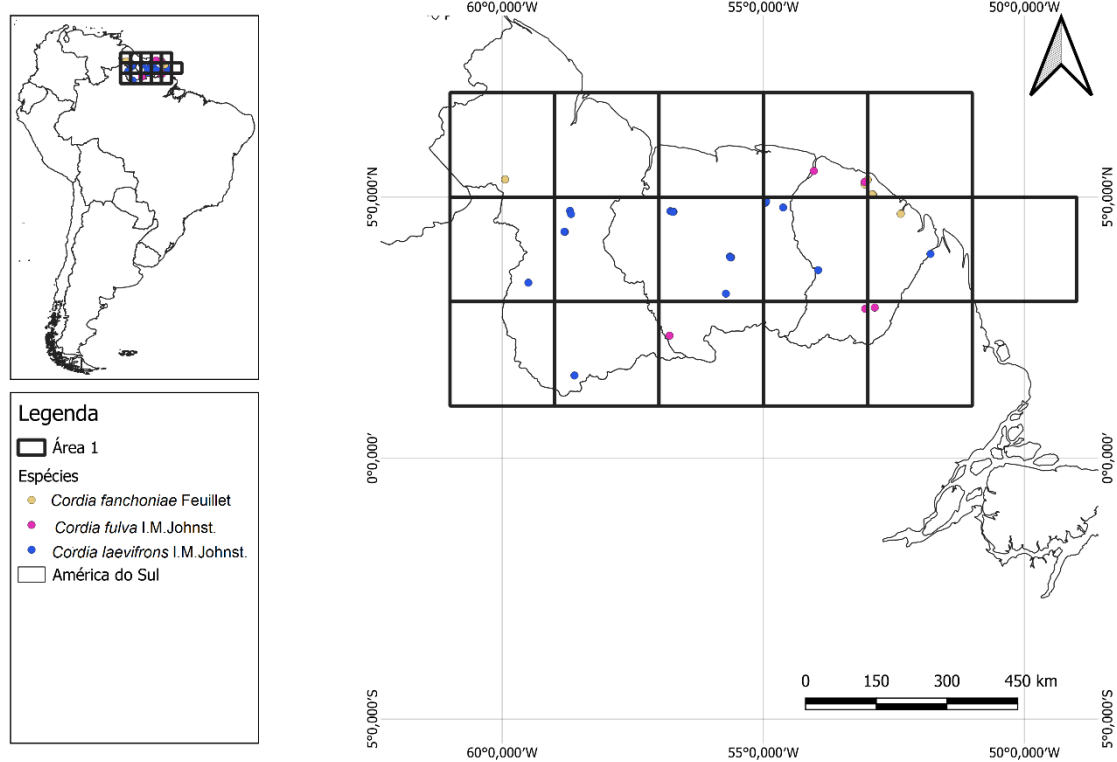


Figura 1 Áreas de endemismo recuperadas com tamanho de célula (grid) de 1° x 1°

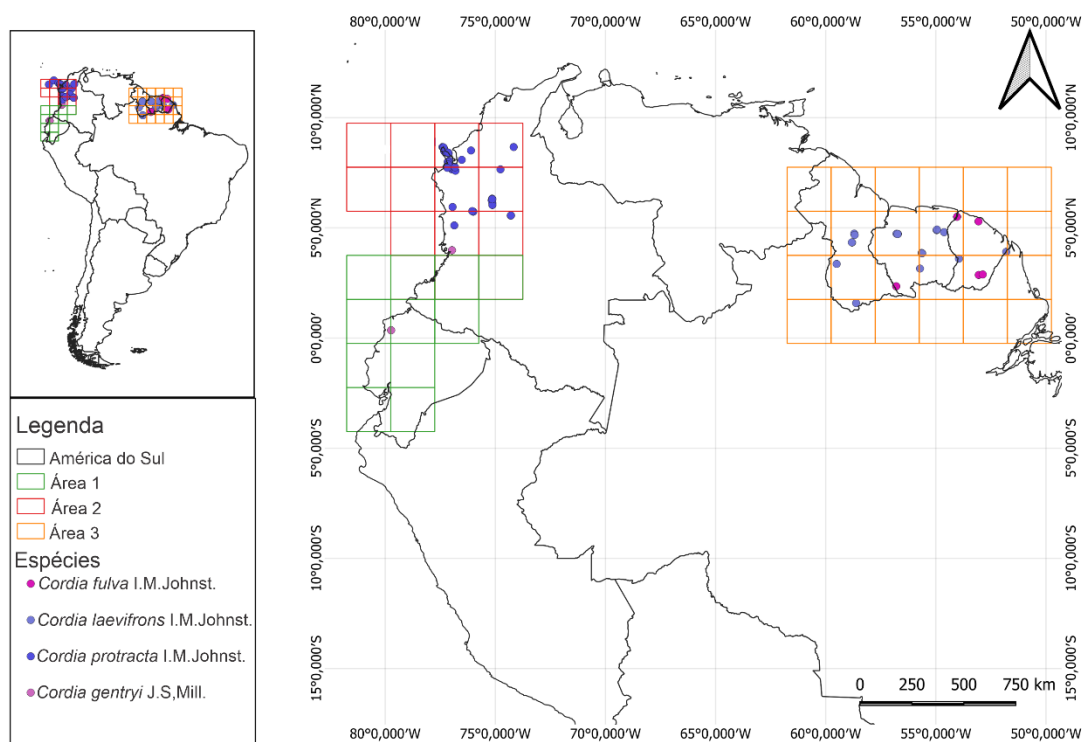


Figura 2 Áreas de endemismo recuperadas com tamanho de célula (grid) de 2° x 2°

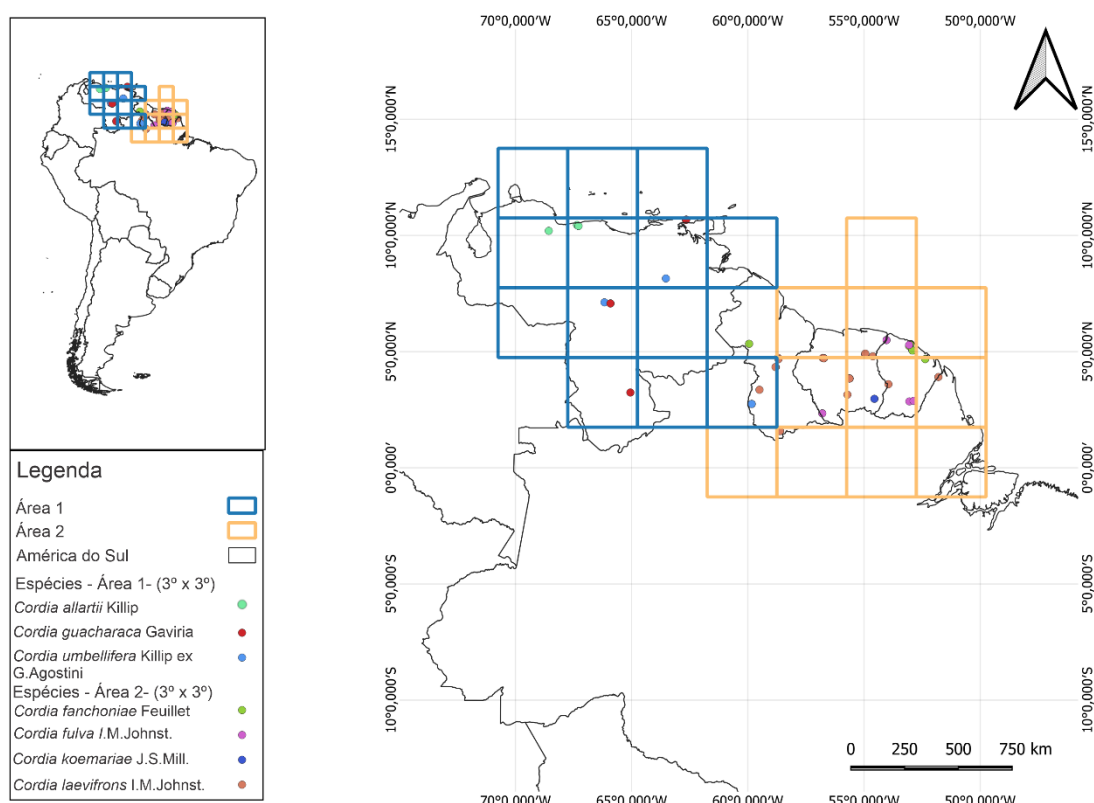
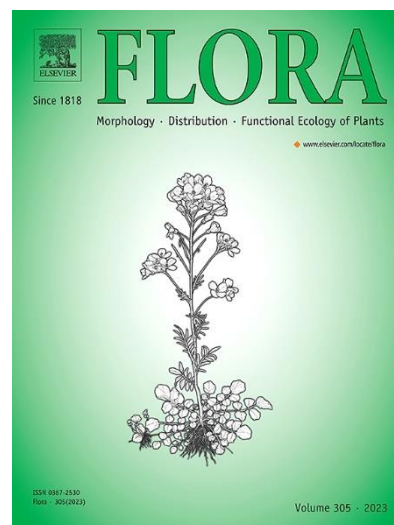


Figura 3 Áreas de endemismo recuperadas com tamanho de célula (grid) de 3° x 3°

Manuscrito 2

Vieses de amostragem e lacunas de coleta em *Cordia* L. (Cordiaceae, Boraginales) na América do Sul

A ser enviado ao periódico:



Qualis CAPES: A3 (Biodiversidade) | JCR: 1.9

Vieses de amostragem e lacunas de coleta em *Cordia* L. (Cordiaceae, Boraginales) na América do Sul

Luan Pedro da Silva^{a, *} e José Iranildo Miranda de Melo^b

^aUniversidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, Pernambuco, Brasil

^bUniversidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Av. das Baraúnas, 351, *Campus* Universitário, Bairro Universitário, 58429-500 Campina Grande, Paraíba, Brasil

Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Luan Pedro da Silva ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6530-7140>

José Iranildo Miranda de Melo ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9404-3807>

*Autor para correspondência: luannpedro@gmail.com

Resumo

Cordia L. (Cordiaceae) é um gênero taxonomicamente muito diversificado na América do Sul, reunindo aproximadamente 100 espécies e como a maioria dos grupos de plantas neotropicais possui lacunas de coleta e vieses de amostragem que podem limitar o conhecimento sobre ele em diferentes aspectos; afetando a qualidade e a predição dos dados. Nesse contexto, temos o objetivo de responder duas perguntas: (1) quais os centros de coleta e riqueza das espécies de *Cordia* na América do Sul?; (2) quais são os vieses de amostragem para o gênero nessa região? Para responder essas perguntas, compilamos um banco de dados revisado que totalizou 17975 ocorrências. Utilizamos o pacote R SpeciesgeocodeR para analisar a densidade de coletas e a riqueza e o pacote R Sampbias para detectar os vieses de amostragem. Como resultados, verificamos, que, o ponto mais coletado inclui 498 registros de ocorrências e a riqueza varia de 1 a 49 espécies, sendo o ponto mais coletado e o mais rico, o Estado do Mato Grosso (Brasil), seguido do Peru, Venezuela e a costa brasileira. A Amazônia é a região menos coletada e os impulsionadores do viés amostral constituem as estradas, cidades e rios. Haja vista que esse tipo de estudo é importante para direcionar a realização de abordagens enfocando aspectos ecológicos, evolutivos e conservacionistas, os dados obtidos também contribuirão para a redução de déficits Wallaceanos e Linneanos.

Palavras-chave: Boraginales, Déficit Linneano, Déficit Wallaceano

1. Introdução

Cordia L. (Cordiaceae, Boraginales) reúne aproximadamente 300 espécies, das quais 100 encontram-se representadas na América do Sul (Miller, 2001). Assim como o observado para a maioria dos gêneros de plantas neotropicais, *Cordia* possui lacunas de coleta e vieses de amostragem. Nesse contexto, Vargas (2023) destaca, que, essa condição limita o adequado conhecimento e diminui a capacidade de predição e a qualidade dos dados para esses grupos taxonômicos.

Hugues (2021) observa, que, o conhecimento sobre a biodiversidade é baseado em observações de espécimes preservados armazenados em herbários e em museus de história natural e dependendo da região, situações socioeconômicas, corrupção, escolaridade e o histórico de colonização, podem acontecer distorções de informações no tempo e no espaço (Zizka et al, 2021, Rydén et al, 2020), do mesmo modo que a acessibilidade física, altitudes elevadas, terras particulares e insegurança também causam esses vieses (Zizka et al, 2021).

Com o avanço da digitalização dos espécimes de herbários, as lacunas e os vieses no conhecimento da biodiversidade na era da “big data” é uma questão crucial em estudos de biogeografia e de conservação. Entretanto, coletas não aleatórias podem provocar diversos tipos de deficiências nos dados disponíveis em repositórios on-line levando, por exemplos, aos déficits wallaceanos (Geográfico), linneanos (Descrição de espécies) e darwinianos (informações evolutivas) (Hortal et al, 2015, Daru et al, 2018, Meineke et al, 2021).

Nesses cenários, a América do Sul emerge como um continente apresentando alta riqueza e endemismos de plantas aspectos, que, associados à sua extensão e características particulares representa um dos mais mau documentados do planeta (Ulloa-Ulloa et al, 2017, Daru et al, 2023).

Nessa perspectiva, detectar áreas subamostradas e os respectivos vieses de amostragem constituem ferramentas essenciais para melhorar a acurácia dos dados como, por exemplo, no que se refere ao gênero *Cordia* (Cordiaceae), para que haja uma compreensão do real estado de conhecimento das suas espécies no continente sul-americano e, também, para propor novas áreas de coletas.

Para alcançarmos os objetivos traçados, este trabalho teve por objetivos respondermos duas questões principais: (1) quais os centros de coleta e de riqueza das espécies de *Cordia* na América do Sul?; (2) quais os seus vieses de amostragem nessa região?

2. Material e métodos

2.1 Amostragem

Compilamos 17975 registros para o gênero *Cordia* na América do Sul (Figura 1) através das bases de dados SpeciesLink (<https://specieslink.net/>) e GBIF - Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>). Os bancos de dados foram concatenados e o pacote R CoordinateCleaner (Zizka et al, 2019) foi usado para detectar registros duplicados, coordenadas trocadas e pontos no oceano. Em seguida, foi feita a verificação manual para garantir a identidade dos registros. A verificação da nomenclatura baseou-se em consultas à plataforma do Plants Of The World (POWO).

2.2 Análise de riqueza, densidade de ocorrências e vieses de amostragem

Para calcular a riqueza de espécies e a densidade de registros utilizamos o SpeciesgeoCodeR (Töpel et al, 2017) com a resolução de 1°.

Para detectar os vieses de amostragem, adotamos o Sampbias (Zizka et al, 2021). Este pacote do R utiliza a cadeia de Markov Monte Carlo (MCMC) (Inferência bayesiana) com 100.000 gerações e 20% de “burn-in” para a confecção do modelo a partir da função `calculate_bias` enquanto que o mapeamento dos vieses foi executado a partir da função `proj_bias`. Para a confecção do modelo foi usado um “default gazetteer”

3. Resultados

3.1 Densidade de ocorrências e riqueza de espécies

Para as espécies de *Cordia* (Cordiaceae), o ponto mais coletado reuniu 498 ocorrências e a riqueza variou de 1-49 espécies, sendo o país mais coletado e o mais rico, o Brasil, seguido do Peru, Venezuela e a costa brasileira é consistentemente coletada (Figura 2). Em contraste, Argentina, Chile e Uruguai são os países que possuem menos coletas (Figuras 3 e 4). Entretanto, o continente sul-americano é, de forma geral, ainda pouco amostrado para *Cordia*, com poucas localidades densamente amostradas. A Amazônia representa a região menos coletada para o gênero, seguindo uma tendência apresentada para vários grupos taxonômicos neotropicais nessa região.

3.2 Vieses de amostragem

Os resultados dos vieses de amostragem estimaram que seus principais impulsionadores constituem as estradas, seguidas de cidades densamente povoadas e rios, representando os principais fatores de viés para as espécies sul-americanas de *Cordia* (Figura 4). O mapeamento indica o forte viés exercido pelas estradas, seguido de cidades na amostragem de suas espécies (Figura 5).

4. Discussão

Detectou-se, que, o gênero *Cordia* possui lacunas espaciais e vieses de amostragem, principalmente, influenciadas pelas estradas e cidades, locais com acessibilidade facilitada por essas infraestruturas logísticas. Essas tendências de coleta são compreensíveis haja vista, que, tanto para *Cordia* como para outros grupos taxonômicos de plantas as coletas foram feitas com o intuito taxonômico e florístico (Daru et al, 2018, Zizka et al, 2021), realizadas de forma não aleatória e, portanto, provocando tais vieses para esses grupos, aspecto que de acordo com Meyer (2016) restringe o conhecimento da ecologia, evolução e conservação.

Apesar dos endemismos e de representar o segundo domínio fitogeográfico mais rico em número de espécies na América do Sul, a Amazônia ainda é uma região pouco amostrada no que se refere às representantes de *Cordia*. Nesse contexto, Stropp et al (2020) observam, que, tal característica provavelmente está associada à extensão e à dificuldade de acesso nessa região natural do planeta, negligenciando as coletas e, portanto, representando um dos impedimentos para o conhecimento da sua diversidade taxonômica na América do Sul.

Por outro lado, países como Argentina, Chile e Uruguai, possuem menos coletas para as espécies de *Cordia*; provavelmente por características socioeconômicas, que impedem o investimento em ciência para a execução de trabalho de campo e ou a subdigitalização de pequenos herbários nesses países. Nesse contexto, Marsico et al. (2020) observam, que, pequenos herbários podem contribuir com o aumento do número de espécies, na diminuição de lacunas e também com a descoberta de espécies raras e ou novas espécies.

Um estudo recentemente publicado por Vargas et al. (2023), avalia a efetividade de trabalho de campo e a curadoria das coleções para preencher lacunas de dados de biodiversidade. Os autores verificaram, que, a curadoria das coleções se mostrou mais eficiente ao recuperar informações taxonômicas e geográficas. Isso significa dizer, que, investir nessa direção bem como na realização de revisões taxonômicas será fundamental para alcançarmos um panorama mais realista e menos enviesado da diversidade e riqueza de espécies; contribuindo para a diminuição de déficits Wallaceanos e Linneanos do gênero *Cordia*. Além de aprimorar a curadoria de dados para melhorar a quantidade e a qualidade de dados, utilizar observações humanas (Ciência cidadã) poderá ampliar a completude dos dados, como observado para Cactaceae por Calvente et al (2023).

5. Conclusões

Nesse estudo, avaliamos as lacunas de coleta e os vieses de amostragem para o gênero *Cordia* (Cordiaceae) na América do Sul, onde fornecemos informações

importantes para estudos futuros de modo a ampliar a densidade de registros em regiões subamostradas e diminuir os déficits Wallaceanos e Linneanos. Nessa perspectiva, apresentamos direcionamentos para a melhoria da qualidade dos dados para o desenvolvimento de pesquisas ecológicas, evolutivas e de conservação. Com base nos resultados obtidos, recomendamos a realização de coletas para *Cordia* em toda a América do Sul para que esse gênero seja melhor representado nos acervos dos herbários, aumentando o número de coletas de espécies com pouca representatividade.

Declaração de interesse concorrente

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado os resultados deste estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); LPS, a Bolsa de Mestrado (Proc. no. 130202/2022-3) e JIMM, a Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ-2, Proc. no. 306658/2022-4).

Disponibilidade de dados

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação.

Declaração de contribuição de autoria CRediT

Luan Pedro da Silva: Conceituação, metodologia, análise formal, visualização, redação – versão original, redação – revisão e edição.

José Iranildo Miranda de Melo: Conceituação, redação – versão original, redação – revisão, incorporação de conteúdo intelectual, edição, supervisão e administração do projeto.

6. Referências

Calvente, A., da Silva, A. P. A., Edler, D., Carvalho, F. A., Fantinati, M. R., Zizka, A., & Antonelli, A. (2023). Spiny but photogenic: amateur sightings complement herbarium specimens to reveal the bioregions of cacti. *Am. J. Bot.*, 110(10), e16235.

Daru, B. H., Park, D. S., Primack, R. B., Willis, C. G., Barrington, D. S., Whitfeld, T. J., ... & Davis, C. C. (2018). Widespread sampling biases in herbaria revealed from large-scale digitization. *New Phytol.*, 217(2), 939-955. <https://doi.org/10.1111/nph.14855>

Daru, Barnabas H., & Jordan Rodriguez. (2023). Mass production of unvouchered records fails to represent global biodiversity patterns. *Nat. Ecol. Evol.*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02047-3>

Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 46 (1), 523-549. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400>

Hughes, A. C., Orr, M. C., Ma, K., Costello, M. J., Waller, J., Provoost, P., ... & Qiao, H. (2021). Sampling biases shape our view of the natural world. *Ecography*, 44(9), 1259-1269. <https://doi.org/10.1111/ecog.05926>

Marsico, T. D., Krimmel, E. R., Carter, J. R., Gillespie, E. L., Lowe, P. D., McCauley, R., ... & Monfils, A. K. (2020). Small herbaria contribute unique biogeographic records to county, locality, and temporal scales. *Am. J. Bot.*, 107(11), 1577-1587. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1563>

Meineke, E. K., & Daru, B. H. (2021). Bias assessments to expand research harnessing biological collections. *Trends Ecol. Evol.*, 36(12), 1071-1082. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.08.003>

Meyer, C., Weigelt, P., & Kreft, H. (2016). Multidimensional biases, gaps and uncertainties in global plant occurrence information. *Ecol. Lett.*, 19(8), 992-1006. <https://doi.org/10.1111/ele.12624>

Miller, J. S. (2001). New Boraginaceae from tropical America 4: three new species of *Cordia* from South America. *Novon*, 11(4), 421-428. <https://doi.org/10.2307/3393154>

Rydén, O., Zizka, A., Jagers, S. C., Lindberg, S. I., & Antonelli, A. (2020). Linking democracy and biodiversity conservation: Empirical evidence and research gaps. *Ambio*, 49, 419-433. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01210-0>

Stropp, J., Umbelino, B., Correia, R. A., Campos-Silva, J. V., Ladle, R. J., & Malhado, A. C. M. (2020). The ghosts of forests past and future: deforestation and botanical sampling in the Brazilian Amazon. *Ecography*, 43(7), 979-989. <https://doi.org/10.1111/ecog.05026>

Töpel, M., Zizka, A., Calió, MF, Scharn, R., Silvestro, D., & Antonelli, A. (2017) SpeciesGeoCoder: Fast categorization of species occurrences for analyses of biodiversity, biogeography, ecology, and evolution. *Syst. Biol.*, 66(2), 145-151. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syw064>

Ulloa-Ulloa, C., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E & Jørgensen, P. M. (2017). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358(6370), 1614-1617. <https://doi.org/10.1126/science.aao0398>

Vargas, C.A., M. Bottin, T. Sarkinen et al., How to fill the biodiversity data gap: Is it better to invest in fieldwork or curation?. *Plant Divers.*, <https://doi.org/10.1016/j.pld.2023.06.003>

Zizka, A., Silvestro, D., Andermann, T., Azevedo, J., Duarte Ritter, C., Edler, D., & Antonelli, A. (2019). CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence

records from biological collection databases. *Methods Ecol. Evol.*, 10, 744-751.
<https://doi.org/10.1111/2041-210X.13152>

Zizka, A., Antonelli, A., & D, Silvestro. (2021). Sampbias, a method for quantifying geographic sampling biases in species distribution data. *Ecography*, 44(1), 25-32. <https://doi.org/10.1111/ecog.05102>

Zizka, A., Rydén, O., Edler, D., Klein, J., Perrigo, A., Silvestro, D. & Antonelli, A. (2021). Bio-Dem, a tool to explore the relationship between biodiversity data availability and socio-political conditions in time and space. *J. Biogeogr.* 48(11), 2715-2726. <https://doi.org/10.1111/jbi.14256>.

Destaques

- O Brasil é o país mais diversificado taxonomicamente e o melhor coletado para o gênero *Cordia* (Cordiaceae) na América do Sul;
- Argentina, Chile e Uruguai são os países menos coletados para *Cordia*;
- O viés amostral para o gênero está concentrado em estradas;
- Propomos o investimento em curadoria de dados para ampliar o conhecimento da representatividade e distribuição geográfica das espécies de *Cordia* no continente sul-americano.

Legendas das figuras:

Figura 1: Fluxo de trabalho para a obtenção dos resultados

Figura 2: Densidade de ocorrências de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

Figura 3: Riqueza das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

Figura 4: Vieses de amostragem das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

Figura 5: Taxas estimadas de amostragem das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

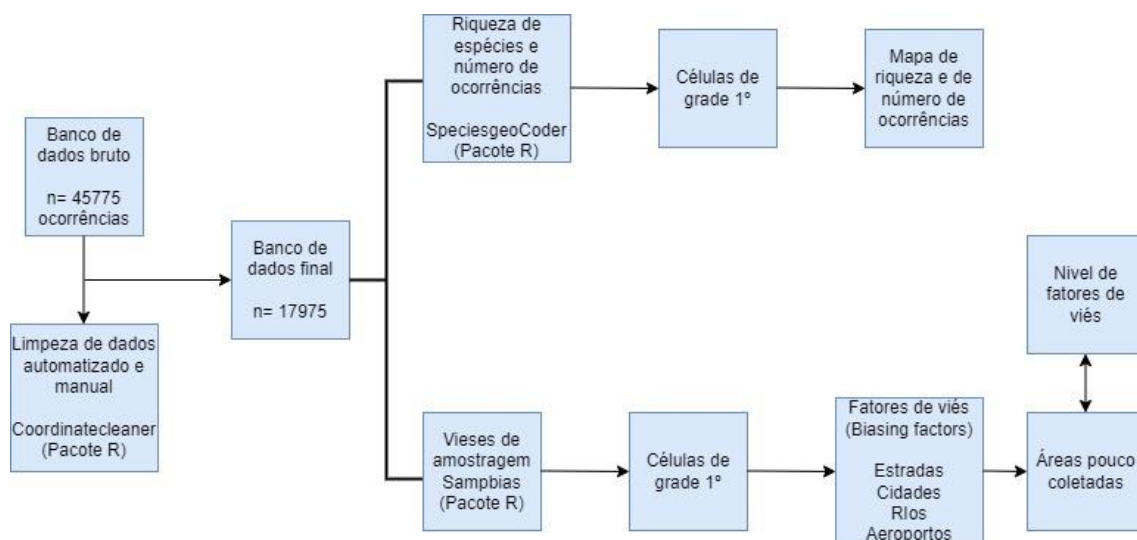


Figura 1: Fluxo de trabalho para a obtenção dos resultados

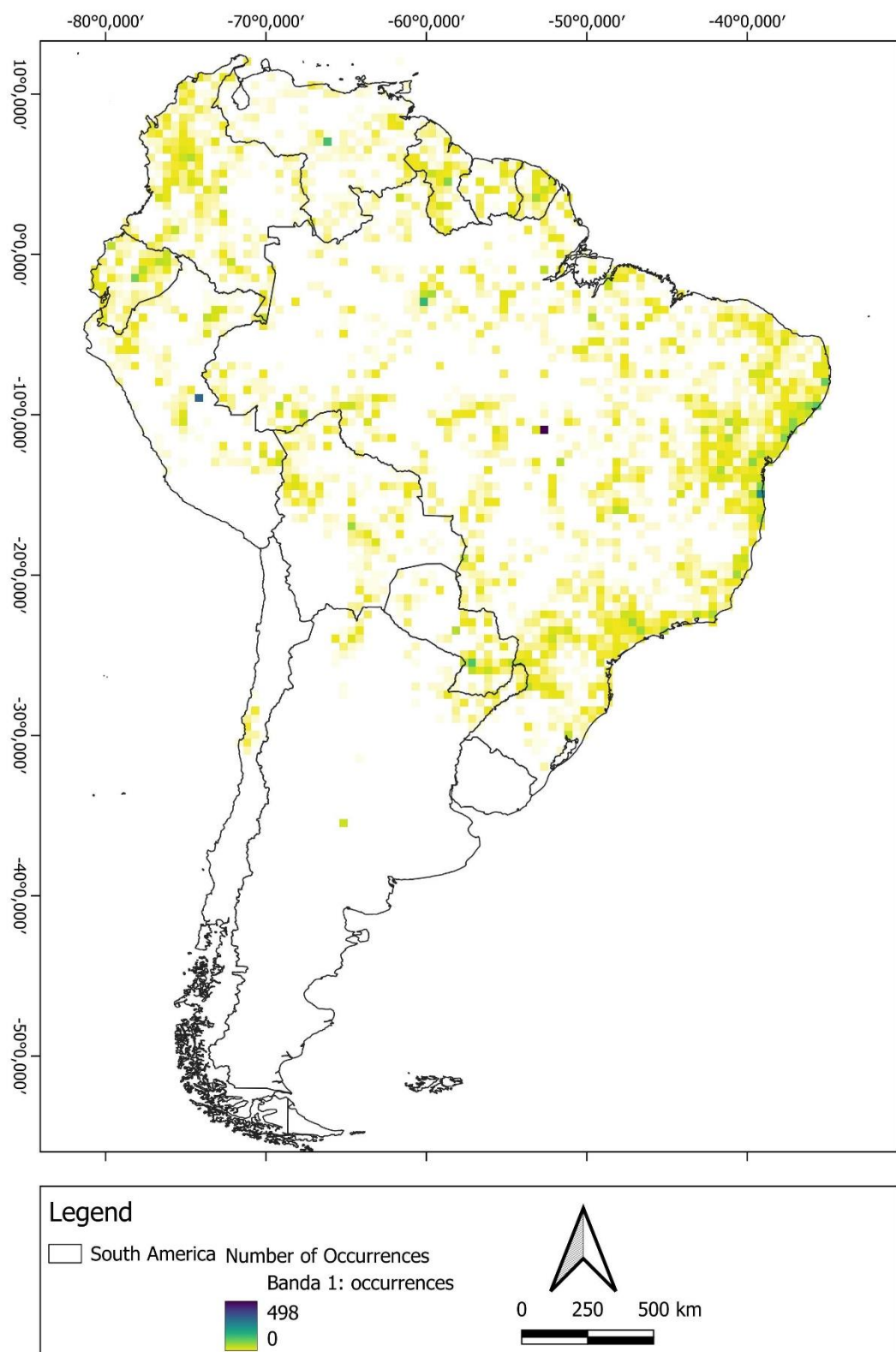


Figura 2: Densidade de coletas de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

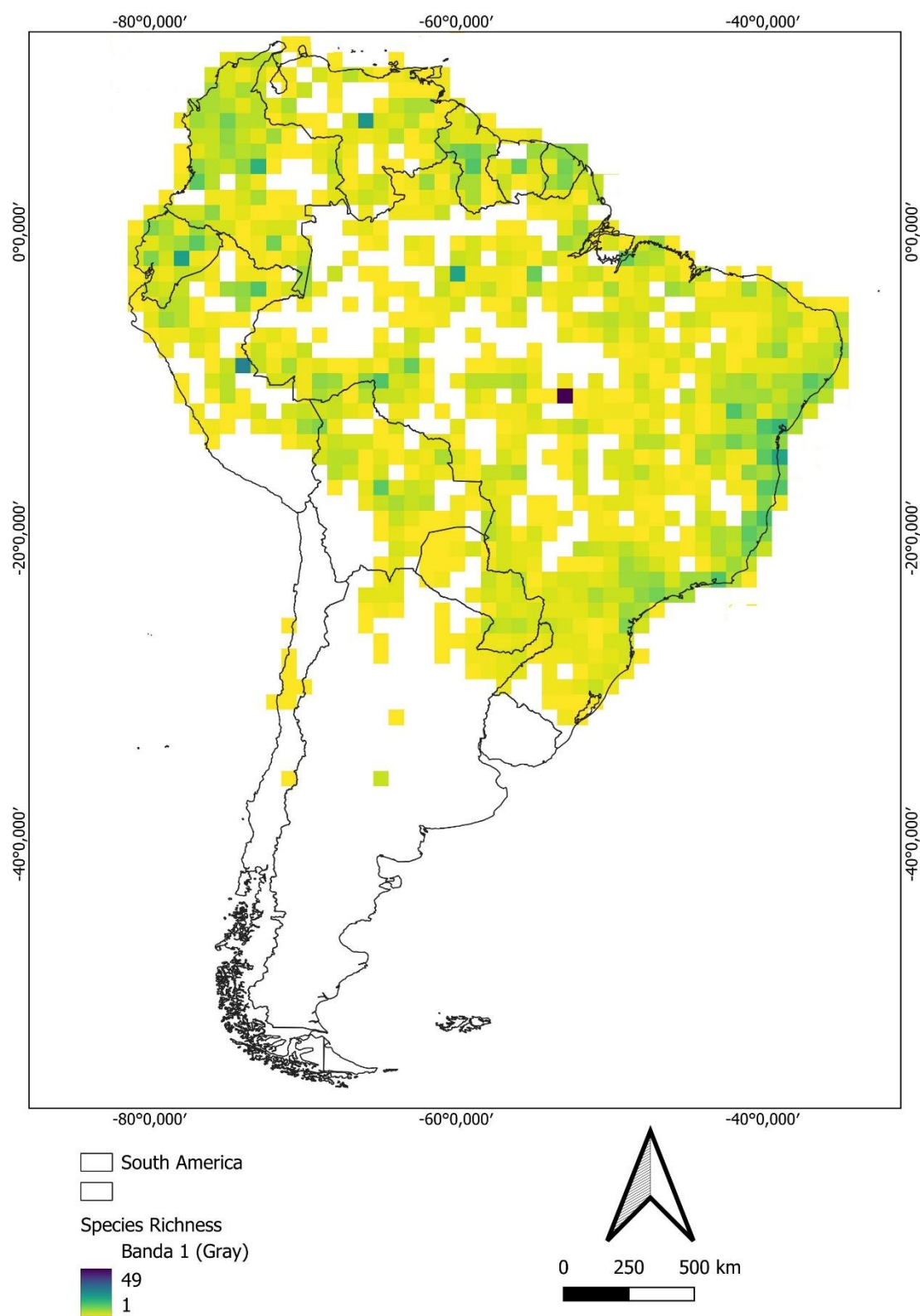


Figura 3: Riqueza das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

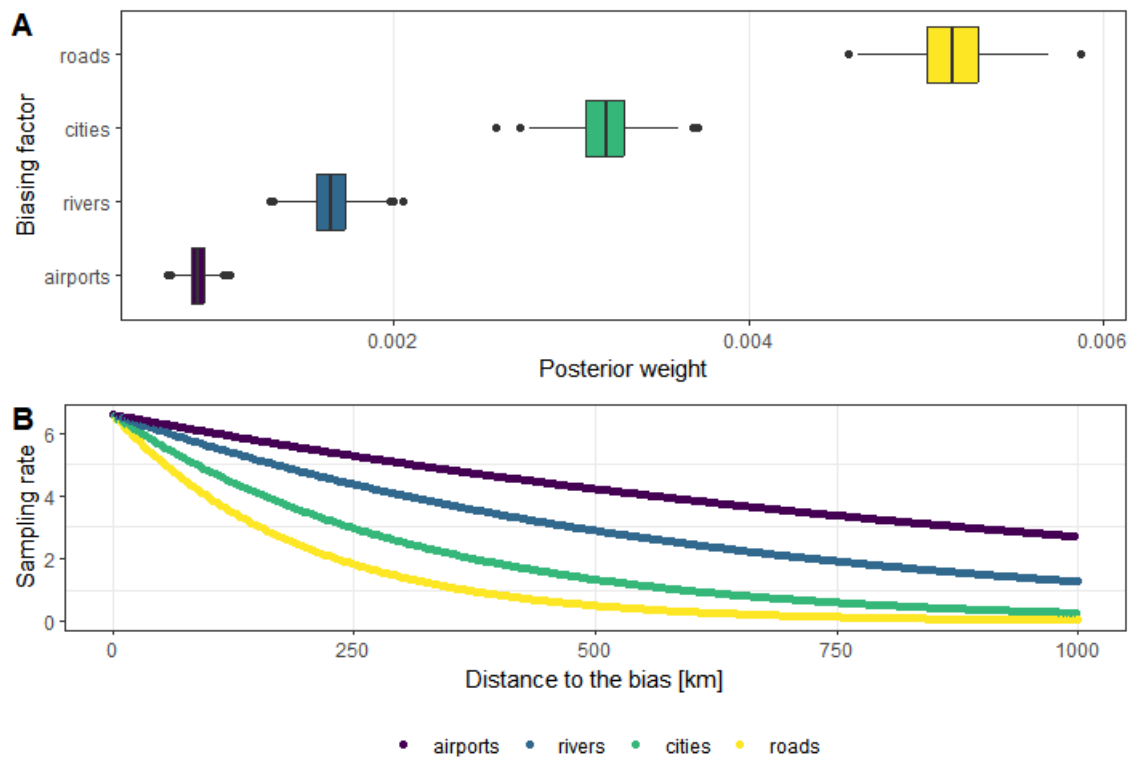


Figura 4: Vieses de amostragem das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Su

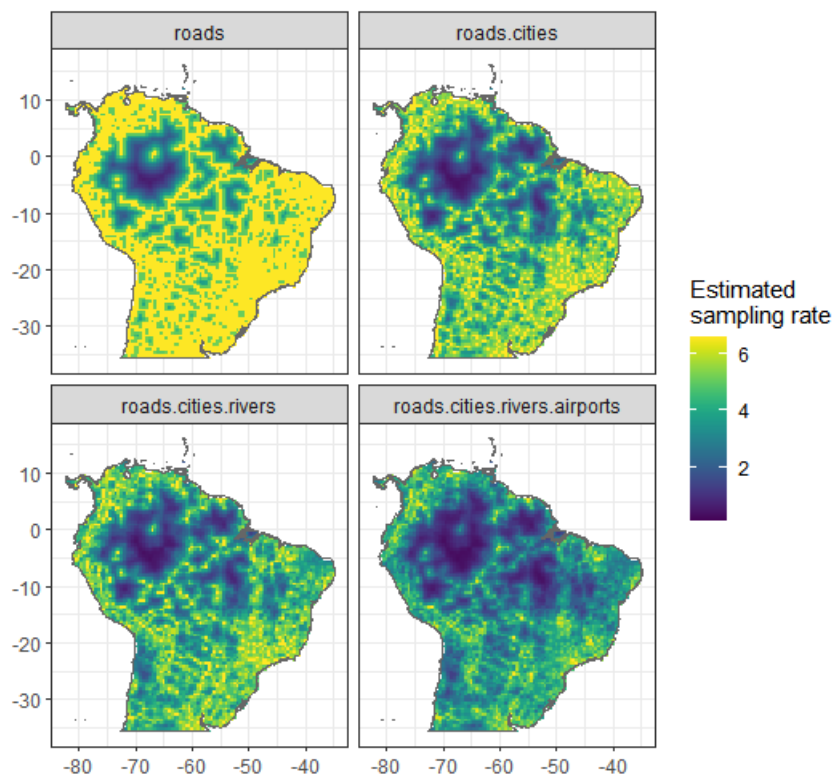
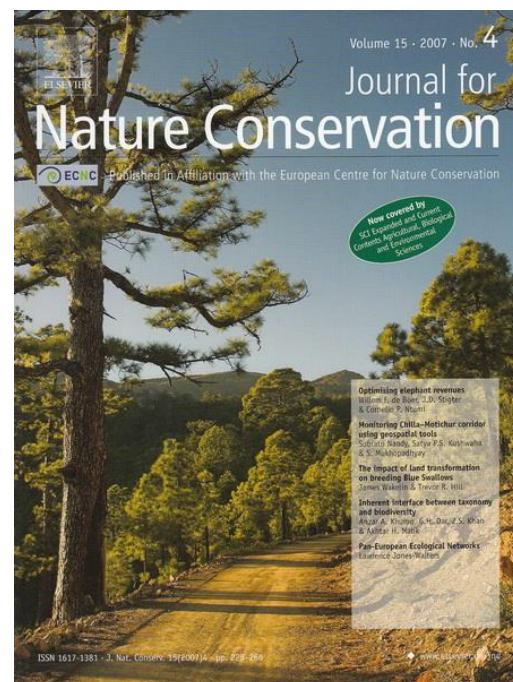


Figura 5: Taxas estimadas de amostragem das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul

Manuscrito 3

Conservation assessments using herbarium data reveal a genus at risk: The case of *Cordia* L. (Cordiaceae) in South America

Publicado em:



Qualis CAPES: A2 (Biodiversidade) | JCR: 2.0

L. Pedro-Silva, J.I.M. Melo, Conservation assessments using herbarium data reveal a genus at risk: The case of *Cordia* L. (Cordiaceae) in South America, *Journal for Nature Conservation*, Volume 77, 2024, 126537, ISSN 1617-1381, <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126537>.



Contents lists available at ScienceDirect

Journal for Nature Conservation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jnc

Conservation assessments using herbarium data reveal a genus at risk: The case of *Cordia* L. (Cordiaceae) in South America

L. Pedro-Silva^{a,*}, J.I.M. Melo^b^a Programa de Pós Graduação em Biodiversidade, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, Pernambuco, Brazil^b Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Av. das Baraúnas 351, Campus Universitário, Bairro Universitário, 58429-500 Campina Grande, Paraíba, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:
Evaluation
Criterion B
Risk of extinction

ABSTRACT

The genus *Cordia* L. (Cordiaceae) is widely distributed in South America and has great economic and pharmacological importance. South America is one of the most diverse regions of the planet in terms of plant species, especially angiosperms, with *Cordia* standing out in terms of its taxonomic diversity and wide distribution. We address here two questions regarding the genus: (1) What are the conservation statuses of its South American species? (2) Do those species occur in protected areas? We compiled a revised database of taxonomically verified *Cordia* species and used the ConR package to determine their EOO (Extent of Occurrence) and AOO (Area of Occupancy). We then evaluated the species based on IUCN criterion B. Of the 87 species recorded in South America, 49 were classified as near threatened (NT), 16 of Least Concern (LC), 15 as Endangered (EN), six as Vulnerable (VU), and one as Critically Endangered (CR). Fully 87% of all species were found to occur in legally protected areas. We mapped, for the first time, all of the protected areas where *Cordia* species occur. Important information on the conservation of South American *Cordia* species are provided, and undertaking conservation assessments for this genus and for Cordiaceae as a whole are suggested.

1. Introduction

The genus *Cordia* (Cordiaceae) exhibits a pantropical distribution, comprising 250 species globally, with its primary center of diversity situated in northern South America, the West Indies, and Africa. Among these diversity centers, South America hosts the greatest number of species. Taxonomically, the genus is distinguished by the presence of both trees and shrubs, a cylindrical-tubular to infundibuliform calyx, white flowers, and epipetalous stamens (Miller and Gottschling, 2007; Miller, 2001). Its species have significant economic and pharmacological importance due to the bioactive compounds they produce. Those compounds are widely used in traditional medicine to treat respiratory disorders, stomach pain, myalgia, coughs, and intestinal problems (Alemayehu et al., 2016; Matias et al., 2015; Oza and Kulkarni, 2017), some species are harvested for their wood (Alemayehu et al., 2016). Chen et al. (2016), noted that these uses could threaten species' survival, making conservation strategies and monitoring necessary to protect them.

According to Stuart et al. (2010), the Red List of Threatened Species

of the International Union for Conservation of Nature – IUCN (known as the barometer of life because it measures the pressures that act on species) is an important tool that provides conservation information (IUCN, 2020). In this context, Cardinale et al. (2011) observed that plants are among the living organisms monitored by the aforementioned list and are key elements in the functioning and maintenance of essentially all terrestrial ecosystems.

South America belongs to the Neotropical region and is home to one of the richest and most diverse floras in the world, with 82,000 species of plants, of which more than 72,000 are endemic (Ulloa-Ulloa et al., 2017). This great richness and diversity was shaped by the expansion and contraction of biomes, and this region has important biodiversity hotspots such as Cerrado and Atlantic Forest, making studies that focus on conservation essential, mainly due to the high anthropogenic pressure that its biomes have been subjected to increase the risk of species extinction (Rezende, 2017).

The genus *Cordia* has been few studied in several botanical aspects, with conservationist approaches representing the largest and most pressing gaps in our knowledge about it. Global evaluations of plant

* Corresponding author.

E-mail address: luannpedro@gmail.com (L. Pedro-Silva).

<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126537>

Received 14 September 2023; Received in revised form 18 November 2023; Accepted 5 December 2023

Available online 7 December 2023

1617-1381/© 2023 Elsevier GmbH. All rights reserved.

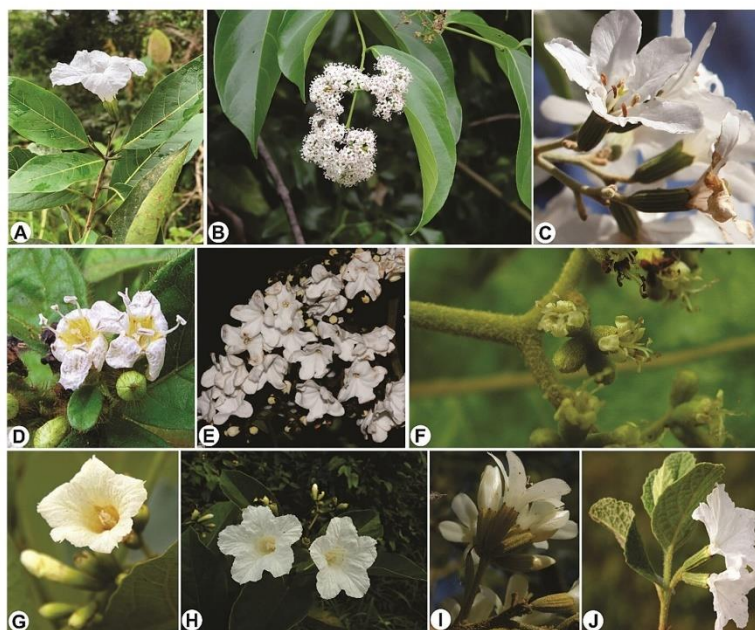


Fig. 1. South American species of *Cordia* (Cordiaceae). A. *C. aberrans*. B. *C. bicolor*. C. *C. glabrata*. D. *C. nodosa*. E. *C. oncocalyx*. F. *C. restingae*. G. *C. rufescens*. H. *C. superba*. I. *C. trichotoma*. J. *C. weddellii*. Photos: A: Martins, L.P.; B: Marinho, L.C.; C, E: Cordeiro, J.M.P.; D, F: Popovkin, A.; E: Costa, F.C.P.; G: Henrique, L.; H: Oliveira, M.; J: Antar, G.M.

statuses are necessary, and the relatively recent advent of methods involving the large-scale scanning of botanical collections has made it easier to obtain automated assessments (Dauby et al., 2017; Zizka et al., 2022). Certain groups and particular regions have already been accurately evaluated using this technique, such as the families Bromeliaceae (Zizka et al., 2020) and Orchidaceae (Zizka et al., 2021).

Here, we offer assessments based on IUCN criterion B to address two crucial questions: What is the conservation status of the South American species of *Cordia*? Do these species occur in protected areas?

2. Materials and methods

2.1. Study area

South America harbors great biological diversity, with the greatest species richness and the highest endemism of plants on the planet (Ulloa-Ulloa et al., 2017). It is the fourth-largest continent (covering approximately 18,000,000 km²), encompasses tropical, equatorial, and subtropical forests and savannas (Young et al., 2002), and brings together several of the planet's megadiverse countries (Brazil, Colombia, Peru, Ecuador, and Venezuela). The climate there has a marked heterogeneity; ranging from humid tropical in the Amazon region, to temperate at its south end (Garreaud et al., 2009).

2.2. Study group

Cordia (Fig. 1) has approximately 100 species in South America (Guimarães et al., 2016; Melo et al., 2021; Miller, 2001; 2013; Taroda and Gibbs, 1987), predominately trees and shrubs, with rare subshrubs,

distributed in practically all of the phytogeographic domains found there.

2.3. Sampling

We compiled 17975 records of *Cordia* (Cordiaceae) in South America by consulting the SpeciesLink (<https://specieslink.net/>) and GBIF-Global Biodiversity Initiative Facility (<https://www.gbif.org/>) databases. The databases were concatenated, and the R package CoordinateCleaner v. 2.0 (Zizka et al., 2019) was used to detect duplicate records, swapped coordinates, and points in the ocean. Manual verification was then performed to ensure the identities of the records. Nomenclature verifications were based on queries to the Plants Of The World (POWO) platform.

For the preliminary conservation assessments based on the IUCN criterion B. We calculated the EOO (Extent of Occurrence) and AOO (Area of Occupancy) considering a cell size of 2×2 km², using the ConR package v 1.3 (Dauby, 2017) and the IUCN.eval function. To improve the accuracy of the analyses, only species with four or more records were used for the EOO and AOO calculations. As such, of the 98 species of *Cordia* distributed in South America, 87 were evaluated here. The species *C. affinis* Presen., *C. brachytricha* Presen., *C. cicatricosa* L.O.Williams, *C. gardneri* I.M.Johnst., *C. intermedia* Presen., *C. koenariae* J.S.Mill., *C. lasserii* G.Agostini ex Gaviria, *C. llanorum* Killip, *C. schottiana* Presen., and *C. sipapoi* Gaviria could not be evaluated because they did not have the minimum cutoff number of records.

EOO and AOO calculations were used to define the IUCN categories. In cases of divergence between the EOO and AOO categories, we used the precautionary principle (Rivers et al., 2011) – and considered only

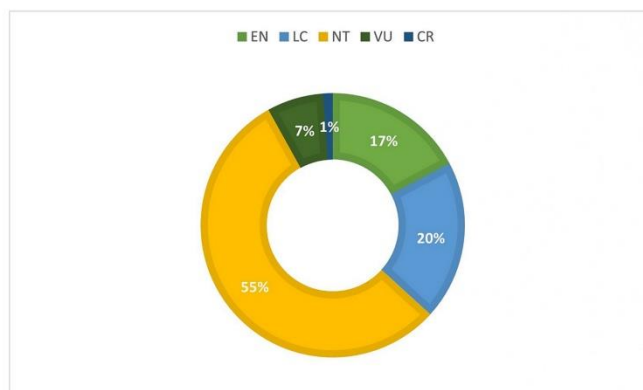


Fig. 2. Conservation statuses of South American *Cordia* (Cordiaceae) species: NT - Near Threatened; LC - Least Concern; EN - Endangered; VU - Vulnerable; CR - Critically Endangered.

the highest category.

Stroh et al. (2014), suggested that species that met the AOO limits of criterion B2 ($<500 \text{ km}^2$) but that occurred in between 11 and 30 locations should be classified as Near Threatened (NT), which was adopted here.

The conservation statuses cited in the IUCN Red List (<https://www.iucnredlist.org/>) were then compared with the results of the present study. The occurrence points were subsequently overlaid on the shapefile of legally protected areas in South America (obtained from the World Database on Protected Areas - WDPA [<https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/wdpa?tab=WDPA>]), employing the "Point Sampling Tool" add-on in QGIS v. 3.32, to determine if the species occurred in protected areas. The revised database (also taxonomically verified) was then analyzed to obtain the preliminary conservation statuses based on criterion B (Fig. 2; Table 1).

3. Results

Of the total number of *Cordia* species (98 spp.) recorded for South America, 87 species were analyzed and, of these, 49 were classified as Near Threatened (NT), 16 as of Least Concern (LC), and 22 were classified in threat categories: 15 Endangered (EN), six Vulnerable (VU), and one Critically endangered (CR) (Fig. 2; Table 1).

While the species *C. aristeguietiae* G. Agostini and *C. laevior* L.M. Johnst. were previously classified as DD (Data Deficient), the present study classified them as endangered (EN). Forty-one species did not have conservation assessments previously assigned by the IUCN (International Union for Conservation of Nature), and no information was previously available for 56 species in terms of whether they were included, or not, within protected areas.

This study therefore updated the conservation statuses of 87 *Cordia* species for South America and found that 76 (87%) could be found within legally protected areas; 11 species (13%) did not have records from any protected area but are not considered endemic to the region and so were not placed within any threaten category (see Appendix A: supplementary material).

4. Discussion

South America has 44,590 plant species without classification in the IUCN -International Union for Conservation of Nature Red List (Pelletier et al., 2018) Therefore, region-targeted conservation assessments

of small groups such as *Cordia* will increase IUCN coverage and help make local conservation policies more effective (Gärdenfors, 2001).

Although *Cordia* appears to be a highly protected taxon in South America, as approximately 87% of its species occur in legally protected Conservation Areas; 11 species have only been recorded outside of protected sites (*C. iguaguana*, *C. C. killipiana*, *kuhlmannii*, *C. latiloba*, *C. macrantha*, *C. oliveri*, *C. santacruzensis*, *C. umbellifera*, and *C. varronifolia*). Those 11 species fall into three IUCN risk categories and, according to the recommendations of (Geldmann et al., 2013) and Gray et al. (2016), the creation of protected areas that include them is highly recommended to prevent their extinction.

Cordia latiloba and *C. kuhlmannii* are rare and endemic species of the Brazilian Atlantic Forest, which could render them even more susceptible to extinction, as that forest domain has been the target of intensive exploitation since the colonization of Brazil - more than 500 years ago (Joly et al., 2014).

Even widely distributed species of *Cordia* are vulnerable, such as *Cordia africana*, which is commonly exploited for logging and medicinal uses (Alemayehu et al., 2016).

There are still several species of *Cordia* that have yet to be taxonomically studied and described, probably including the species that could not be evaluated here because of low collection numbers or that are only known from their type specimens - thus preventing current and accurate evaluations of their conservation statuses (Silva, obs. pers.). Sadly, these deficits in *Cordia* are unlikely to be overcome anytime soon due to the low number of scholars working with the genus globally and low numbers of collectors.

5. Conclusion

Here, we offer an overview of the conservation status of *Cordia* (Cordiaceae) in South America. The most of the species are near threatened, a small number are of Least Concern (LC) and 22 species are in threat categories. On the other hand, 87% of the species are within protected areas. However, species such as *Cordia iguaguana*, *C. killipiana*, *kuhlmannii*, *C. latiloba*, *C. macrantha*, *C. oliveri*, *C. santacruzensis*, *C. umbellifera*, and *C. varronifolia* need attention because they are in a risk category and are not within protected areas. For this reason, we recommend that public conservation policies be made to safeguard these species, which are, above all, ecologically important and also useful in traditional medicine and in the pharmaceutical industry.

Table 1
Results of species assessments based on IUCN B criterion.

Species	EOO (Km ²)	AOO (Km ²)	B Criterion (IUCN)	Category	IUCN Red List
<i>Cordia aberrans</i> L.M.Johnst.	1.496.349	96	NT B1a + B2a	NT	LC
<i>Cordia acutifolia</i> Fresen.	3.893.995	152	NT B1a + B2a	NT	LC
<i>Cordia africana</i> Lam.	1.000.818	36	VU B2a	VU	LC
<i>Cordia allartii</i> Killip	27.997	16	EN B2a	EN	EN
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	1.809.578	2.552	LC	LC	LC
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	4.235.581	1.280	LC	LC	LC
<i>Cordia anabaptista</i> Cham.	2.143.084	124	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia anisophylla</i> J. S.Mill.	338.779	96	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia aristeguietiae</i> G.Agostini	297.549	16	EN	EN B2a	DD
<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	11.454.195	1.232	LC	LC	LC
<i>Cordia bogotensis</i> Benth.	401.428	168	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia brasiliensis</i> (L. M.Johnst.) Gottschling & J.S.Mill.	907.732	56	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia chamissoniana</i> G.Don	916.128	20	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia colombiana</i> Killip	877.738	116	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia cymosa</i> (Donn.Sm.) Standl.	1.188.062	116	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia decandra</i> Hook. & Arn.	65.950	168	NT	NT B1a + B2a	NT
<i>Cordia decipiens</i> (Donn.Sm.) Standl.	2.415.709	72	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia diversifolia</i> Pav. ex A.DC.	905.126	56	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia droyeri</i> Nowicke	2.746.750	188	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	6.108.443	1.520	LC	LC	Not evaluated
<i>Cordia eriostigma</i> Pittier	1.359.198	84	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia exaltata</i> Lam.	7.382.688	1.128	LC	LC	LC
<i>Cordia fallax</i> L. M.Johnst.	6.880.115	176	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia fanchoniae</i> Feuillet	27.696	24	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia fulva</i> L.M. Johnst.	81.191	20	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia fusca</i> L.M. Johnst.	686	12	EN	EN B1a + B2a	EN
<i>Cordia gentryi</i> J. S.Mill.	92	8	EN	EN B1a + B2a	Not evaluated

Table 1 (continued)

Species	EOO (Km ²)	AOO (Km ²)	B Criterion (IUCN)	Category	IUCN Red List
<i>Cordia glabrata</i> (Mart.) A.DC.	7.672.449	1.112	LC	LC	Not evaluated
<i>Cordia glabrifolia</i> M. Stapf	49.358	168	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia glazioviana</i> (Taub.) Gottschling & J.S.Mill.	2.851.177	340	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	3.102.553	132	NT	NT B1a + B2a	Nao avaliada
<i>Cordia guacharaca</i> Gaviria	94.912	16	EN	EN B2a	EN
<i>Cordia hatschbachii</i> J. S.Mill.	678.399	56	NT	NT B1a + B2a	VU
<i>Cordia iguazuana</i> Melch. ex L.M. Johnst.	53.052	48	VU	VU B2a	Not evaluated
<i>Cordia incognita</i> Melch. ex L.M. Johnst.	870.198	396	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia insignis</i> Cham.	391.5285	508	LC	LC	LC
<i>Cordia kuhlmannii</i> E. F.Guim., N.T. Ranga & J.L. M.Melo	32.328	8	CR	CR	Not evaluated
<i>Cordia kingstoniana</i> J.S.Mill.	4.080.357	316	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia laevifrons</i> L.M.Johnst.	176.044	68	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia laevis</i> L. M.Johnst.	2.011.439	16	EN	EN B2a	DD
<i>Cordia lasiocalyx</i> Pittier	34.692	84	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia latiloba</i> L. M.Johnst.	865.093	36	VU	VU B2a	EN
<i>Cordia lonatoloba</i> L. M.Johnst.	8.254.005	332	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia lucidula</i> L. M.Johnst.	1.089.824	140	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia lutea</i> Lam.	5.126.279	532	LC	LC	LC
<i>Cordia macrantha</i> Chodat	6.642	32	VU	VU B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia magnoliifolia</i> Cham.	3.141.755	368	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia membranacea</i> A.DC.	25.659	12	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia mexicana</i> L.M.Johnst.	1.285.033	108	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia naidophila</i> L. M.Johnst.	6.149.274	360	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia nervosa</i> Lam.	1.916.151	116	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia nodosa</i> Lam.	12.752.493	5.776	LC	LC	LC
<i>Cordia ochracea</i> A.DC.	3.772.811	72	NT	NT B1a + B2a	EN
<i>Cordia oliveri</i> (Britton ex Rusby)	9.044	8	EN	EN B2a	Not evaluated

(continued on next page)

Table 1 (continued)

Species	EOO (Km ²)	AOO (Km ²)	B Criterion (IUCN)	Category	IUCN Red List
Gottschling & J.S.Mill.					
<i>Cordia oncostylis</i> Allenão	1,407,205	360	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia panamensis</i> L. Riley	3,279,239	700	LC	LC	LC
<i>Cordia paniculata</i> Rudge	4,864,526	180	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia pilosa</i> M. Stapf & Turoda	165,407	276	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia protracta</i> L.M.Johust.	203,602	176	NT	NT B1a + B2a	EN
<i>Cordia restingia</i> M.Stapf	173,341	72	NT	NT B1a + B2a	VU
<i>Cordia ripicola</i> L. M.Johust.	885,322	92	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia rufescens</i> A.DC.	3,206,619	1,296	LC	LC	LC
<i>Cordia sacculata</i> Gottschling & J.S.Mill.	3,279,783	324	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia sagotii</i> L. M.Johust.	9,596,343	452	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia santacruzensis</i> J.S.Mill. & M. Nee	5,674	12	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia scaberrima</i> A. DC.	9,418,903	424	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia sebestena</i> L.	9,258,099	248	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	9,992,311	1,628	LC	LC	LC
<i>Cordia sericea</i> A. DC.	1,043,901	364	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia silvestris</i> Fresen.	6,074,697	300	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia sprucei</i> Mez	5,407,992	212	NT	NT B1a + B2a	LC
<i>Cordia superba</i> Cham.	3,955,354	1,888	LC	LC	LC
<i>Cordia taguayensis</i> Vell.	6,736,425	720	LC	LC	LC
<i>Cordia taradai</i> M.Stapf	123,273	60	NT	NT B1a + B2a	NT
<i>Cordia tetrandra</i> Aubl.	12,240,201	828	LC	LC	LC
<i>Cordia thaisiana</i> G.Agostini	428,997	60	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia toqueve</i> Aubl.	11,312,339	676	LC	LC	LC
<i>Cordia trachyphylla</i> Mart.	8,973,151	244	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia trichoclada</i> A. DC.	3,370,835	428	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	13,130,353	2,928	LC	LC	LC
<i>Cordia ucayaliensis</i> (L. M.Johnst.) I. M.Johnst.	6,470,311	476	NT	NT B1a + B2a	LC

Table 1 (continued)

Species	EOO (Km ²)	AOO (Km ²)	B Criterion (IUCN)	Category	IUCN Red List
<i>Cordia ulei</i> L.M. Johust.	4,720,377	108	NT	NT B1a + B2a	Not evaluated
<i>Cordia umbellifera</i> Killip ex G. Agostini	110,333	16	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia varonifolia</i> L. M.Johust	14,897	20	EN	EN B2a	Not evaluated
<i>Cordia killipiana</i> J.S.Mill.	327,044	44	VU	VU B2a	EN
<i>Cordia weddellii</i> L.M.Johust.	2,383,610	192	EN	EN B2a	LC
<i>Cordia williamsii</i> G.Agostini ex Gaviria	653,853	28	VU	VU B2a	EN

Author contributions

LPS led the writing of the manuscript, conceived the idea and conducted the analyses. JIMM added intellectual content, editing and revising the manuscript. The authors have approved the final version for submission, have agreed to be accountable for the accuracy and integrity of the work and contributed to the study.

Funding

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Data availability

Data will be made available on request.

Acknowledgments

The authors thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq); LPS is grateful for the Master's Scholarship (Proc. no. 130202/2022-3) and JIMM for the Research Productivity Scholarship ((PQ-2) Proc. no. 306658/2022-4).

Appendix A. Supplementary material

Occurrence of *Cordia* (Cordiaceae) species in protected areas in the studied area.

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126537>.

References

- Alemayehu, G., Asfaw, Z., & Kelhessa, E. (2016). *Cordia africana* (Boraginaceae) in Ethiopia: A review on its taxonomy, distribution, ethnobotany and conservation status. *International Journal of Botany Studies*, 1(2), 38–46.
- Cardinale, B. J., Matulich, K. L., Hooper, D. U., Byrnes, J. E., Duffy, E., Gamfeldt, L., Balvanera, P., O'Connor, M. I., & González, A. (2011). The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98(3), 572–592. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000364>
- Chen, S. L., Yu, H., Luo, H. M., Wu, Q., Li, C. F., & Steinmetz, A. (2016). Conservation and sustainable use of medicinal plants: Problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 11, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13020-016-0108-7>

- Danby, G., Stévant, T., Droissart, V., Cosiaux, A., Deblanwe, V., Sino-Droissart, M., ... Couvreur, T. L. (2017). ConR: An R package to assist large scale multispecies preliminary conservation assessments using distribution data. *Ecology and Evolution*, 7, 11292–11303. <https://doi.org/10.1002/ecc3.3704>
- Gärdenfors, U. (2001). Classifying threatened species at national versus global levels. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(9), 511–516. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)00214-5)
- Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R., & Marengo, J. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3–4), 180–195. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.10.032>
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I. D., Hockings, M., & Burgess, N. D. (2013). Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation*, 161, 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.02.018>
- Gray, C. L., Hill, S. L., Newbold, T., Hudson, L. N., Börger, L., Contu, S., ... Scharlemann, J. P. (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications*, 7, 12306. <https://doi.org/10.1038/ncomms12306>
- Guimarães, E. F., Ranga, N. T., & Melo, J. I. M. (2016). A new species of *Cordia* (Cordiaceae) for the state of Minas Gerais, Brazil. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 73(1), 1–3. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2402>
- IUCN International Union for Conservation of Nature. (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. Disponível em: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. (2020). Obtido em: <https://www.iucnredlist.org>.
- Joly, C. A., Metzger, J. P., & Tabarelli, M. (2014). Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: Ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, 204, 459–473. <https://doi.org/10.1111/nph.12989>
- Matias, E. F. F., Alves, E. F., Silva, M. K. D. N., Carvalho, V. R. D. A., Coutinho, H. D. M., & Costa, J. G. M. D. (2015). The genus *Cordia*: Botanists, ethno, chemical and pharmacological aspects. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 25(5), 542–552. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.05.012>
- Melo, J. I. M., Antar, G. M., Silva, L. P., & Silva, T. S. (2021). New records in Brazil reveal a disjunct distribution for *Cordia weddellii* (Cordiaceae). *Darwiniana*, nueva serie, 9, 320–328. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2021.92.964>
- Miller, J. S. (2001). New Boraginaceae from tropical America 4: Three new species of *Cordia* from South America. *Novon*, 11(4), 421–428. <https://doi.org/10.2307/3393154>
- Miller, J. S., & Gottschling, M. (2007). Generic classification in the Cordiaceae (Boraginales): Resurrection of the genus *Varronia* P. Br. *Taxon*, 56(1), 163–169. <https://doi.org/10.2307/25065747>
- Miller, J. S. (2013). A revision of *Cordia* section *Gerascanthus* (Boraginales: Cordiaceae). *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 7(1), 55–83.
- Oza, M. J., & Kulkarni, Y. A. (2017). Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of the medicinal species of the genus *Cordia* (Boraginaceae). *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 69, 755–789. <https://doi.org/10.1111/jph.12715>
- Pelletier, T. A., Carstens, B. C., Tank, D. C., Sullivan, J., & Espíndola, A. (2018). Predicting plant conservation priorities on a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(51), 13027–13032. <https://doi.org/10.1073/pnas.1804098111>
- Rezende, V. L. (2017). Tree species distribution and phylogenetic diversity across southern South America. *Frontiers of Biogeography*, 9(2). <https://doi.org/10.21425/F59232082>
- Rivers, M. C., Taylor, L., Brummitt, N. A., Meagher, T. R., Roberts, D. L., & Lughadha, E. N. (2011). How many herbarium specimens are needed to detect threatened species? *Biological Conservation*, 144(10), 2541–2547. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.014>
- Stroh, P., Leach, S., August, T. A., Walker, K. J., Peerman, D. A., Rumsey, F., ... Taylor, L. (2014). A vascular plant red list for England. *RSEB News*, 9, 1–193.
- Stuart, S. N., Wilson, E. O., McNeely, J. A., Mittermeier, R. A., & Rodríguez, J. P. (2010). The barometer of life. *Science*, 328(5975), 177–177. <https://doi.org/10.1126/science.1188606>
- Taroda, N., & Gibbs, P. (1987). Studies on the genus *Cordia* L. (Boraginaceae) in Brazil. 2. An outline taxonomic revision of subgenus *Myxa* Taroda. *Hoebea*, 14, 31–52.
- Ulloa-Ulloa, C., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., ... Jørgensen, P. M. (2017). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358(6370), 1614–1617. <https://doi.org/10.1126/science.aao0398>
- Young, K. R., Ulloa, C. U., Luteyn, J. L., & Knapp, S. (2002). Plant evolution and endemism in Andean South America: An introduction. *Botanical Review*, 68(1), 4–21. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0004:PFAEIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0004:PFAEIA]2.0.CO;2)
- Zizka, A., Silvestro, D., Andermann, T., Azevedo, J., Duarte Ritter, C., Edler, D., ... Antonelli, A. (2019). CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. *Methods in Ecology and Evolution*, 10, 744–751. <https://doi.org/10.1111/2041.210X.13152>
- Zizka, A., Azevedo, J., Leme, E., Neves, B., Costa, A. F., Caceres, D., & Zizka, G. (2020). Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). *Diversity and Distributions*, 26, 183–195. <https://doi.org/10.1111/ddi.13004>
- Zizka, A., Silvestro, D., Vitt, P., & Knight, T. M. (2021). Automated conservation assessment of the orchid family with deep learning. *Conservation Biology*, 35(3), 897–908. <https://doi.org/10.1111/cobi.13616>
- Zizka, A., Andermann, T., & Silvestro, D. (2022). IUCNN-Deep learning approaches to approximate species' extinction risk. *Diversity and Distributions*, 28, 227–241. <https://doi.org/10.1111/ddi.13450>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa dissertação abordamos as áreas de endemismos, vieses de amostragem e *status* de conservação das espécies de *Cordia* L. (Cordiaceae) na América do Sul, fornecendo informações que até então eram inexistentes para o gênero como um todo e, especialmente, para a região estudada. Para alcançar as questões propostas utilizamos metodologias diversas, cumprindo todos os objetivos almejados. Descobrimos os vieses de amostragem e centros de coleta e riqueza taxonômica, e no que se refere à conservação, um relevante percentual das espécies de *Cordia* está enquadrado em categorias de ameaça, e a maioria delas quase ameaçadas. Paradoxalmente, a maioria das espécies possuem algum grau de proteção, e no que concerne à biogeografia, encontramos áreas de endemismos que detêm espécies ameaçadas que podem suscitar a criação de áreas protegidas. Reforçamos, que, essas informações precisam ser ampliadas para os demais grupos da ordem Boraginales em diferentes escalas.