

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (UFSCar)
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E BIOLOGIA EVOLUTIVA - DEBE

MARCUS VINÍCIUS DA SILVA AGUA DUARTE

BIODIVERSIDADE TROGLÓFILA DO BRASIL
(BIOTROGLOPHILEBR): uma riqueza subestimada

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elina
Bichuette

Co-orientador: Dr. Jonas Eduardo Gallão

SÃO CARLOS - SP
2023

MARCUS VINÍCIUS DA SILVA AGUA DUARTE

BIODIVERSIDADE TROGLÓFILA DO BRASIL (PBIOTROGLOPHILEBR): uma riqueza subestimada

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elina Bichuette

Co-orientador: Dr. Jonas Eduardo Gallão

São Carlos - SP
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciência Biológicas e da Saúde
Departamento de Biologia e Ecologia Evolutiva

Folha de aprovação

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do candidato Marcus Vinícius da Silva Agua Duarte, realizada em dd/mm/aaaa:

Profa. Dra. Maria Elina Bichuette
Universidade Federal de São Carlos, *campus* São Carlos

Prof. Dr. Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos
Universidade Federal de São Carlos, *campus* São Carlos

MSc. Jéssica Scaglione Gallo
Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos - IBES

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Isabel Cristina da Silva, mulher mais forte, guerreira e gentil que tive o privilégio de conhecer e de poder chamar de mãe

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Maria Elina Bichuette, que além de uma das maiores pesquisadoras do Brasil e um exemplo como a ser seguido como professora, é também uma pessoa incrível que me ajudou demais em minha construção pessoal e acadêmica. Obrigado por abrir as portas do seu laboratório (que eu sei que é como uma casa pra senhora) ainda mais em um dos momentos mais difíceis da minha graduação em que estava desacreditado e a ponto de desistir da academia. Sou eternamente grato e me inspiro demais em você, espero um dia ser um pesquisador tão bom quanto a senhora é.

Agradeço ao meu co-orientador Drº Jonas Eduardo Gallão pelo auxílio no projeto através de aporte intelectual, com as ajudas em encontrar as bibliografias utilizadas e com soluções de problemas e dúvidas que surgiram no decorrer do trabalho.

Agradeço ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) pela gestão de projeto concedido via acordo **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Vale S.A. (TCCE ICMBio/Vale, Edital 02/2020)** pela concessão de bolsa de iniciação científica (IC) que deu início ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)** pela concessão de bolsa de iniciação científica (**ICT/ProPq – Edital 002/2022**) e pela bolsa produtividade em pesquisa (PQ) concedida a minha orientadora (**Processo número 310378/2017-6**).

Agradeço à **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, 2019/19520-0)** pelo auxílio à pesquisa concedido a minha orientadora para cavernas no estado de São Paulo.

Agradeço ao técnico do Laboratório de Estudos Subterrâneos, Rafael Sotana, por todo o auxílio ao longo do projeto.

Agradeço aos meus colegas do Laboratório de Estudos Subterrâneos, Jéssica Scaglione Gallo, Emilly Leticia da Silva, Maria Fernanda C. Zancheta, Bianca C. M. de Oliveira por todo aporte intelectual, toda ajuda em atividades práticas e todo companheirismo no ambiente de trabalho. E em especial à Laura Ferreira dos Santos pelo carinho, pelas conversas e pelo aporte emocional nos dias mais difíceis.

Agradeço principalmente à minha mãe Isabel Cristina da Silva, pois sempre foi minha base, minha motivação e minha segurança. Só nós dois sabemos o que tem sido essa caminhada até aqui, sempre foi uma luta e uma grande conquista!!! Desde minha infância quando chegamos a passar por momentos de fome, com poucas opções do que comer e em momentos mais críticos nenhuma, tendo de recorrer a ajuda de terceiros. Até os dias atuais

em que felizmente não passamos mais dificuldades como já passamos um dia. Sem a senhora eu jamais estaria onde estou e jamais seria o ser humano decente que a senhora fez questão de educar e saber escolher o lado certo das coisas.

Gostaria também de agradecer ao meu pai Marco Antônio Agua Duarte, por todo aporte financeiro e por mesmo na distância sempre de alguma forma se fazer presente em minha vida. Ao meu irmãozinho Marcio Andrei da Silva Pereira Barbosa, peço desculpas por nem sempre estar presente e poder acompanhar seu crescimento, por conta da distância e das dificuldades financeiras para voltar com frequência para casa, te amo meu pequeno (que já tem minha altura aos 14 anos) e sei que você será uma grande pessoa.

Gostaria de agradecer a todos os amigos que fiz ao longo da graduação em especial à Pedro Gabriel e Silva Galvão (vulgo Russo), Bruno Hofstatter da Silva, André Luiz Tirolo dos Santos, Julia Ghidelli (que carinhosamente chamo de Jujubi), Suzana Luisa Alves Fernandes, Isabela Aparecida Bertini e Yan Costa Gonçalves. Um agradecimento especial ao meu querido Edeilton Santos Silva, um dos meus primeiros amigos verdadeiros em São Carlos e que dividiu teto e vários perrengues comigo na moradia estudantil da UFSCar.

“Não importa quanto a vida possa ser ruim, sempre existe algo que você pode fazer, e triunfar. Enquanto há vida, há esperança.” – do filme sobre Stephen Hawking, 2015.

RESUMO

Os habitats subterrâneos ou hipógeos, embora possuam filtros à colonização, podem apresentar elevada biodiversidade, com originalidade faunística e grande endemismo. Tal diversidade biológica é classicamente categorizada em Troglógenos (aqueles que mantêm populações no hipógeo, mas tem que sair para o exterior com certa frequência para completar seu ciclo de vida), Troglófilos (“cavernícolas facultativos”) e Troglóbios (restritos aos habitats subterrâneos), *sensu* Schiner-Racovitza (1907). Organismos troglófilos são definidos como aqueles com capacidade de completar seus ciclos de vida tanto no meio epígeo (superfície) quanto no hipógeo, e são importantes pois podem ser potenciais ancestrais de futuros troglóbios e/ou possíveis recolonizadores do meio epígeo em caso de desaparecimento das populações superficiais. Estudos sobre biodiversidade são muito importantes para reconhecer ameaças e permitir a criação e aplicação de políticas efetivas de conservação, porém são prejudicados por *shortfalls* ou défices, principalmente da forma Linneana (riqueza) e Wallaceana (distribuição) devido aos impedimentos de acesso aos habitats subterrâneos e/ou impedimentos descritivos ligados aos problemas e dificuldades taxonômicos, que levam às incertezas quanto à diversidade e distribuição dos animais. Para os habitats hipógeos, os estudos de biodiversidade têm grande enfoque nos troglóbios; logo os troglófilos costumam ser historicamente negligenciados em listas faunísticas. Logo, elaborou-se aqui uma base de dados sobre os troglófilos, realizando-se um levantamento detalhado de trabalhos que apresentassem listas faunísticas de cavidades brasileiras e respectivas categorizações da fauna e avaliando se os *shortfalls* tem influenciado no conhecimento da biodiversidade troglófila. Com isso obteve-se o registro de 143 espécies troglófilas descritas, distribuídas em 32 Ordens e cinco Filos, dos quais os principais representantes são as aranhas (41 espécies). Estas espécies estão distribuídas em 14 estados federativos e 14 regiões biogeográficas do país, com maior concentração em Minas Gerais e São Paulo, que compreendem a Província biogeográfica da Floresta do Paraná. Ainda, verificou-se que existem forte influência tanto do *shortfall* Linneano quanto Wallaceano sobre o conhecimento dos troglófilos brasileiros e cogitou-se uma novo *shortfall* para estudos de caverna proveniente da dificuldade em categorizar um organismo como troglófilo, a qual necessita de interpretação ecológico-evolutiva. A base de dados obtida será disponibilizada para futuras consultas e alterações na *Webpage* do Laboratório de Estudos Subterrâneos (<https://www.lesbio.ufscar.br>), sob o nome *PBioTroglophileBR*.

Palavras-chave: Troglófilos; Biodiversidade; Cavernas; Levantamento; Brasil; *Shortfall*.

ABSTRACT

Subterranean or hypogeal habitats, although they have filters for colonization, can present high biodiversity, with faunistic originality and great endemism. Such biological diversity is classically categorized into Trogloxenes (those that maintain populations in the hypogeum but have to go outside with some frequency to complete their life cycle), Troglóphiles (“facultative cave dwellers”), and Troglóbites (restricted to subterranean habitats), *sensu* Schiner-Racovitza (1907). Troglóphile organisms are defined as those capable of completing their life cycles in both the epigeal (surface) and hypogeal environments and are important because they may be potential ancestors of future troglóbites and/or possible recolonizers of the epigeal environment in case of population disappearance superficial. Biodiversity studies are very important to recognize threats and allow the creation and application of effective conservation policies, but they are hampered by shortfalls or deficits, mainly Linnean (richness) and Wallacean (distribution) due to impediments to accessing underground habitats and /or descriptive impediments linked to taxonomic problems and difficulties, which lead to uncertainties regarding the diversity and distribution of animals. For hypogeal habitats, biodiversity studies have a strong focus on troglóbites; therefore troglóphiles have historically been neglected in faunal lists. Therefore, a database on troglóphiles was elaborated here, carrying out a detailed survey of works that presented faunal lists of Brazilian cavities and respective categorization of the fauna and evaluating whether the shortfalls have influenced the knowledge of troglóphile biodiversity. Thus, 143 described troglóphile species were registered, distributed in 32 Orders and five Phyla, of which the main representatives are spiders (41 species). These species are distributed in 14 federal states and 14 biogeographical regions of the country, with the highest concentration in Minas Gerais and São Paulo, which comprise the biogeographical province of the Paraná Forest. Furthermore, it was found that there is a strong influence of both the Linnean and Wallacean shortfalls on the knowledge of Brazilian troglóphiles, and a new shortfall was considered for cave studies arising from the difficulty in categorizing an organism as a troglóphile, which requires an ecological-evolutionary interpretation. The database obtained will be made available for future consultations and changes on the Webpage of the Subterranean Studies Laboratory (<https://www.lesbio.ufscar.br>), under the name PBioTroglóphileBR.

Keyword: Troglóphiles; Biodiversity; Caves; Survey; Brazil; Shortfall.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplos de um dos habitats subterrâneos (cavernas)	19
Figura 2 - Captura de tela contendo os parâmetros de pesquisa utilizados na plataforma CAPES	25
Figura 3 - Captura de tela contendo os filtros de pesquisa aplicados nos resultados obtidos inicialmente	26
Figura 4 - Captura de tela contendo a página inicial do website da base de dados de biodiversidade	27
Figura 5 - Captura de tela de um exemplo da aba de observações presente na base de dados proposta nesse estudo, mostrando as alterações de nomenclatura ocorridas	27
Figura 6 - Divisões biogeográficas propostas por Morrone em 2014	30
Figura 7 – Gráfico da distribuição de espécies TFs nas diferentes Ordens	31
Figura 8 – Aracnídeos TFs do estado de Goiás	32
Figura 9 - Gráfico com as estimativas mínimas de possíveis morfotipos nas diferentes Ordens	33
Figura 10 - Gráfico com as estimativas máximas de possíveis morfotipos nas diferentes Ordens	33
Figura 11 - Diferentes animais TFs	34
Figura 12 - Gráfico representando a diferenças entre o número de espécies TFs determinadas e as estimativas (mínimas e máximas) para os animais que estão identificados até o nível de Gênero e os que estão identificados apenas em classificações superiores (Classe, Ordem, Família, etc.)	36
Figura 13 - Gráfico de comparação entre o registro de Gêneros, Famílias, Ordens, Classes e Filos levando em consideração somente espécies determinadas, e considerando morfotipos identificados apenas ao nível de Gênero ou ao nível de classificação superior	37
Figura 14 – Gráfico do tipo boxplot comparando o número de registros de morfotipos máximos (morf_max), morfotipos mínimos (morf_min) e espécies descritas (spp)	38
Figura 15 - Gráfico da mudança da representatividade das principais Ordens de TFs	

conforme a situação	39
Figura 16 – Temporalidade na descrição de espécies TFs no decorrer dos anos, utilizando um intervalo de cinco em cinco anos	40
Figura 17 - Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil	40
Figura 18 - Temporalidade da coleta dos material-tipo das espécies TFs do Brasil no decorrer dos anos, utilizando intervalos de cinco em cinco anos	41
Figura 19 - Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo das espécies TFs para o Brasil	42
Figura 20 – Temporalidade na descrição de espécies TFs entre o período de 1760 e 1990, utilizando um intervalo de cinco em cinco anos	43
Figura 21 – Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1750 e 1990	43
Figura 22 - Temporalidade da coleta de material-tipo das espécies TFs entre o período de 1870 e 1990, utilizando um intervalo de cinco em cinco anos	44
Figura 23 - Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1760 e 1990	45
Figura 24 – Temporalidade na descrição de espécies TFs entre o período de 1990 e 2008, ano a ano	46
Figura 25 – Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1990 e 2008	46
Figura 26 - Temporalidade da coleta de material-tipo das espécies TFs entre o período de 1990 e 2008, ano a ano	47
Figura 27 - Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1990 e 2008	48
Figura 28 – Temporalidade na descrição de espécies TFs entre o período de 2008 e 2022, ano a ano	49
Figura 29 - Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil durante o período de 2008 e 2022	49
Figura 30 - Temporalidade da coleta de materiais-tipo das espécies TFs entre o período de 2008 e 2022, ano a ano	50

Figura 31 - Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo de espécies TFs para o Brasil durante o período de 2008 e 2022	51
Figura 32 - Distribuição das espécies TFs nos estados federativos do Brasil e suas respectivas regiões	52
Figura 33 - Mapa de calor para as espécies TFs brasileiras nos estados federativos do Brasil	53
Figura 34 - Mapa de calor para as espécies TFs brasileiras nas Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	54
Figura 35 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Rabditophora nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	55
Figura 36A e 36B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Gastropoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	56
Figura 37A e 37B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Clitellata nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	57
Figura 38 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Subclasse Acari nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	58
Figura 39 - Mapa de calor para as espécies TFs de aranhas (Ordem Araneae) brasileiras nas Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	59
Figura 40 - Exemplares de uma aranha da Família Pholcidae e uma aranha-marrom (Família Sicariidae, Gênero <i>Loxosceles</i>), respectivamente, respectivamente	60
Figura 41 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Sicariidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	60
Figura 42 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Theridiidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	61
Figura 43A e 43B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Theridiosomatidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	62
Figura 44 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Ctenidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	63

Figura 45A e 45B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Ochyroceratidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	64
Figura 46 - Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Famílias da Ordem Araneae e Infraordem Araneomorphae, nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	65
Figura 47 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Theraphosidae (Ordem Araneae e Infraordem Mygalomorphae), nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	66
Figura 48 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Amblypygi nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	67
Figura 49 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Opiliones nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	68
Figura 50 - Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Ordens da Classe Arachnida nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	69
Figura 51A e 51B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Isopoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	70
Figura 52 - Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Ordens da Classe Malacostraca nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	71
Figura 53 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Chilopoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	72
Figura 54 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Chilopoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	73
Figura 55A e 55B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Subordem Entomobryomorpha nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	74
Figura 56 - Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Subordens da Ordem Collembola nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	75
Figura 57 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Orthoptera nas	

diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	76
Figura 58A e 58B - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Coleoptera nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	77
Figura 59 - Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Ordens da Classe Insecta nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	78
Figura 60 - Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Actinopterygii nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	79
Figura 61 - Distribuição das espécies TFs nas Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	80
Figura 62 - Boxplot comparando o número de registros de espécies TFs entre as Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014)	81
Figura 63 - Boxplot comparando o número de registros de espécies TFs entre os Domínios biogeográficos propostos por Morrone (2014)	81
Figura 64 - Captura de tela contendo os parâmetros de pesquisa, sem filtragem por TFs	82
Figura 65 - Retornos obtidos para as pesquisas sem e com os filtros para troglófilos	82
Figura 66 - Gráfico comparativo entre o retorno na plataforma CAPES de periódicos em pesquisas sem aplicação de filtros, com aplicação de filtros para TFs e dos trabalhos que foram efetivamente utilizados na base de dados	83
Figura 67 - Mapa da região de Carajás-PA, evidenciando a relação entre a concentração de espécies TFs no estado e a presença de exploração mineral	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Testes de Kruskal-Wallis comparando Classes e Ordens de troglófilos	35
Tabela 2 – Testes de Dunn (1964) comparando espécies, morfotipos mínimos e morfotipos máximos	37
Tabela 3 - Diferenças significativas entre as Províncias biogeográficas em relação ao registro de espécies	80

LISTA DE SIGLAS

TFs – Troglófilos(as)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	24
2.1	OBJETIVOS GERAIS	24
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	25
3.2	REVISÃO DE NOMENCLATURAS E CLASSIFICAÇÕES	26
3.3	ANÁLISE DOS DADOS	27
4	RESULTADOS	31
4.1	REFINAMENTO TAXONÔMICO E O <i>SHORTFALL</i> LINNEANO	35
4.2	REGISTRO TEMPORAL DAS ESPÉCIES TROGLÓFILAS	39
4.3	DISTRIBUIÇÃO DOS TROGLÓFILOS E O <i>SHORTFALL</i> WALLACEANO	51
4.3.1	Divisão Política	51
4.3.2	Divisão Biogeográfica	53
4.3.3	Análises Estatísticas	79
4.4	NEGLIGENCIAMENTO DOS TROGLÓFILOS	82
5	DISCUSSÃO	83
5.1	<i>SHORTFALL</i> LINNEANO E SUAS CONSEQUÊNCIAS	83
5.2	OS TROGLÓFILOS E A HISTÓRIA	86
5.3	<i>SHORTFALL</i> WALLACEANO E AS CONSEQUÊNCIAS DAS DISCREPÂNCIAS NO CONHECIMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES	88
5.4	UM POSSÍVEL NOVO <i>SHORTFALL</i> PARA ORGANISMOS SUBTERRÂNEOS	92
	CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio o estudo em biologia busca categorizar os organismos em padrões (GLEASON, 1926; HORTAL *et al.* 2015) de forma a criar classificações que representem ao máximo o mundo real e que possam ser usadas na produção científica (ROSEN, 1996; HORTAL *et al.* 2015).

Apesar da noção e percepção da variedade biológica ser tão antiga quanto a origem da consciência humana (MAYR, 1998; FRANCO, 2013), o termo Biodiversidade ou Diversidade Biológica, amplamente utilizado no meio científico, tem uma origem muito recente, aparecendo pela primeira vez em uma publicação somente no ano de 1988, em textos do biólogo Edward O. Wilson (FRANCO, 2013). A Biodiversidade é um termo que contempla a reunião de todas e/ou quaisquer espécies de seres que existam e convivam na biosfera, em certa região ou num período de tempo, isto o torna muito complexo e profundo de ser entendido em práticas cotidianas, dado a dificuldade de mensuração, fazendo-o ser, muitas vezes, vago e impreciso (FRANCO, 2013).

Ações antrópicas desencadeadas pelo aumento do sistema de produção e consumo geram efeitos, muitas vezes irreversíveis, de degradação e fragmentação de habitats, que por sua vez ameaçam a diversidade biológica (WALKER & STEFFEN, 1997) e, conseqüentemente, aumentam os níveis de taxas de extinção (PIMM *et al.* 1995; GALLÃO & BICHUETTE, 2018). Logo os estudos e conhecimentos sobre biodiversidade são fundamentais no reconhecimento às suas ameaças, e por meio de sua documentação permite uma estruturação efetiva de políticas conservacionistas e protecionistas (BROOKS *et al.* 2006; GALLÃO & BICHUETTE, 2018), ainda mais em ambientes mais frágeis como o subterrâneo (hipógeo).

O meio hipógeo (Fig. 1) definido como, conjunto de espaços subterrâneos interconectados e heterogêneos, preenchidos por água ou ar, que permitem a dispersão das espécies pertencentes a estes habitats (JUBERTHIE, 2000; TRAJANO & BICHUETTE, 2006; GALLÃO & BICHUETTE, 2015). Pode apresentar diferentes dimensões, variando desde fissuras milimétricas até grandes salões, que quando permitem o acesso do ser humano são chamados de cavernas (HOWARTH, 1983; JUBERTHIE, 2000; ZEPON & BICHUETTE, 2017). Suas características mais marcantes são a ausência permanente de luz nas zonas mais profundas, alta umidade relativa do ar e temperaturas estáveis condizentes com a média anual da localidade (BARR, 1968; MOORE & SULLIVAN, 1997; GALLÃO & BICHUETTE, 2018; BICHUETTE *et al.* 2019), decorrentes do efeito de tamponamento das rochas circundantes (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

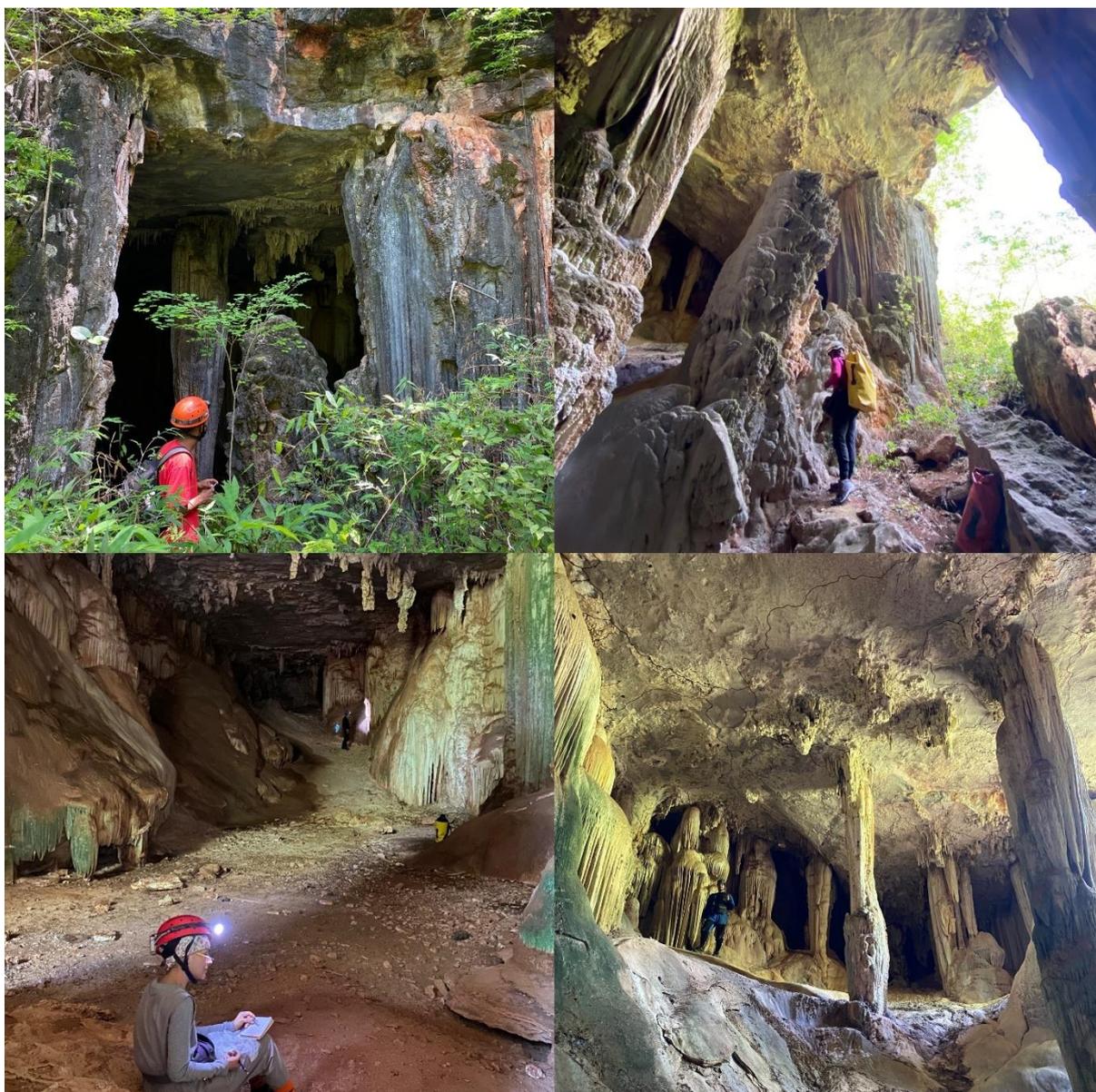


Figura 1. Exemplos de um dos habitats subterrâneos (cavernas). *Fotografias: Maria Elina Bichuette.*

Tais características podem atuar como filtro ambiental (FERNANDES *et al.* 2016; BICHUETTE *et al.* 2019); Principalmente a ausência de luz que impede a realização de fotossíntese, levando a restrições energéticas (POULSON & WHITE, 1969; POULSON & LAVOIE, 2000; TRAJANO & BICHUETTE, 2006; GALLÃO & BICHUETTE, 2018), visto que a energia envolvida nos ciclos biogeoquímicos pode ser proveniente de bactérias quimiossintetizantes ou de recursos alimentares importados do meio epígeo (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

Devido esses fatores, colonização do meio hipógeo só é possível para alguns táxons específicos que, geralmente, possuem “pré-adaptações” que os favorecem, tais como orientação não predominantemente visual e dieta generalista (TRAJANO & BICHUETTE, 2006). Ainda assim os habitats subterrâneos podem apresentar uma elevada biodiversidade,

com originalidade faunística e alto endemismo de espécies (GIBERT & DEHARVENG, 2002; GALLÃO & BICHUETTE, 2015).

Assim, os organismos subterrâneos podem ser categorizados em três grupos seguindo a classificação ecológico-evolutiva de Schiner-Racovitza (1907), onde existem organismos Troglógenos (aqueles que mantêm fluxo constante entre o ambiente subterrâneo e a superfície para completar seu ciclo de vida, como por exemplo os morcegos, alguns opiliões, entre outros), Troglófilos (“cavernícolas facultativos”, por exemplo grande parte dos aracnídeos e insetos) e Troglóbios (restritos aos habitats subterrâneos).

No entanto, para o seguinte trabalho seguimos as redefinições de Trajano (2012) que modificou certos conceitos e adicionou elementos como população-fonte e população-sumidouro: Uma população-fonte é um grupo de organismos que produz uma quantidade excedente de indivíduos através de taxas de reprodução mais altas do que as taxas de mortalidade, esses indivíduos excedentes têm a capacidade de migrar para outras áreas, colonizando-as e contribuindo para o crescimento de outras populações; uma população-sumidouro, por outro lado, é uma população que ocupa um habitat porém tem uma taxa de mortalidade maior do que sua taxa de reprodução, resultando em um declínio populacional até seu desaparecimento. No entanto, as populações-sumidouro podem receber indivíduos migrantes de populações-fonte, que compensam as perdas e evitam a extinção local, desta forma elas dependem do influxo constante de migrantes para sobreviver, enquanto as populações-fonte fornecem esses migrantes (PULLIAM, 1998; HANSKI & OVASKAINEN, 2000).

Desta forma, seguiu-se no presente estudo as seguintes categorizações:

1. **troglóbios** correspondem a populações-fonte exclusivamente subterrâneas; populações-sumidouro podem ser encontradas na superfície;
2. **troglófilos** incluem populações-fonte tanto em habitats hipógeos como epígeos, com indivíduos deslocando-se regularmente entre esses habitats, promovendo a introgressão de genes selecionados sob regimes epígeos em populações subterrâneas (e *vice-versa*);
3. **troglógenos** são casos de populações-fonte epígeas com indivíduos usando recursos subterrâneos; nos troglógenos obrigatórios, todos os indivíduos são dependentes tanto de recursos epígeos como hipógeos. (retirado de TRAJANO & BESSI, 2017).

Os organismos denominados troglófilos (TFs) são de suma importância para os habitats subterrâneos, pois além de desempenharem funções ecológicas nas teias alimentares, são fundamentais para manterem o fluxo gênico com o epígeo através de sua entrada e saída da caverna (TRAJANO & BICHUETTE, 2006). Além disso eles são considerados para a maioria dos modelos de evolução subterrânea aqueles que originam os troglóbios, por meio de isolamento genético de populações inicialmente troglófilas, logo sua proteção é imprescindível já que os troglófilos atuais são ancestrais potenciais de troglóbios

(TRAJANO & BESSI, 2017). Além disso, outra importante função deles é servirem como recolonizadores do meio epígeo em caso de espécies que são escassas neste meio, porém abundantes no hipógeo, sendo “elemento-chave para a sobrevivência dessa meta-população ou mesmo da espécie” (TRAJANO & BESSI, 2017).

O ramo da biologia que busca estudar os organismos que vivem nos ambientes subterrâneos é denominado Bioespeleologia ou Espeleobiologia e originou-se oficialmente em 1907 através da publicação "*Essai sur les problèmes biospéologiques*" (Ensaio sobre os problemas bioespeleológicos) por Emil Racovitza (TRAJANO & BICHUETTE, 2006). No Brasil, teve início com o alemão Ricardo Krone, no começo do século XX, com explorações sistemáticas de cavidades da região do Alto Ribeira (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

Durante metade do século XX a biologia subterrânea restringiu-se, no Brasil, a descrições ocasionais de alguns táxons espalhados. Foi somente a partir de 1968, com a vinda de Pierre Strinati, que passaram a surgir as primeiras listas faunísticas de cavernas brasileiras (TRAJANO & BICHUETTE, 2006). A partir de 1980, com Eleonora Trajano e sua equipe, os levantamentos faunísticos se tornaram mais robustos e abrangendo um conjunto significativo de cavidades (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

O mais recente e completo trabalho reunindo todo o conhecimento faunístico de cavernas foi publicado em 1995 por Ricardo Pinto-da-Rocha, sob o título de “Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994)”. Neste trabalho, estão listados todos os táxons conhecidos até a época, com respectivas cavidades de ocorrência, hábitos alimentares, classificações de Schiner-Racovitza e outras importantes informações.

No ano de 2008, entrou em demanda o decreto número 6.640, sobre a pesquisa a exploração de cavernas no Brasil que dizia em seus dois primeiros artigos:

“Art. 1º As cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, de modo a permitir estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo.

Parágrafo único. Entende-se por cavidade natural subterrânea todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo ser humano, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, gruta, lapa, toca, abismo, furna ou buraco, incluindo seu ambiente, conteúdo mineral e hídrico, a fauna e a flora ali encontrados e o corpo rochoso onde os mesmos se inserem, desde que tenham sido formados por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou tipo de rocha encaixante.” (NR)

‘Art. 2º A cavidade natural subterrânea será classificada de acordo com seu grau de relevância em máximo, alto, médio ou baixo, determinado pela análise de atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos,

paleontológicos, cênicos, histórico- culturais e socioeconômicos, avaliados sob enfoque regional e local.” que permitia o uso das mesmas para “estudos e pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, étnico-cultural, turístico, recreativo e educativo. [...]” (BRASIL, 2008).

A partir dele as cavidades brasileiras passaram a ser categorizadas em diferentes níveis de relevância para proteção, para além toda e qualquer atividade (seja ela mineração, turismo, entre outras), que esteja envolvida com o ambiente subterrâneo devem obrigatoriamente ser acompanhadas de estudos na região, o que levou ao aumento de listas faunísticas através dos trabalhos de consultoria ambiental.

Atualmente, estão registradas no Brasil aproximadamente 22.800 cavernas (CECAV, 2022). Porém o conhecimento sobre estas ainda é muito heterogêneo. Enquanto algumas regiões são bem conhecidas e documentadas (por exemplo, o Vale do Ribeira e a Chapada Diamantina), outras ainda têm conhecimento limitado a poucas amostragens sem réplicas suficientes para completar um ciclo anual, resultando em registros rasos e preliminares de abundância e riqueza de espécies (TRAJANO & MOREIRA, 1991; BICHUETTE *et al.* 2019).

Muito dessa lacuna de conhecimento são decorrentes de *shortfalls*, que são défices no conhecimento resultantes de um sistema onde a taxa de produção de novas entidades (no caso táxons) é maior do que a taxa máxima da capacidade com que podemos descrevê-las e documentá-las (HORTAL *et al.* 2015). Estes défices causam discrepâncias entre o conhecimento existente e o conhecimento completo dos sistemas biológicos, forçando os cientistas a trabalhar com dados incompletos e muitas vezes não representativos (HORTAL *et al.* 2015).

A maior preocupação científica para com os *shortfalls* é o fato de que:

O conhecimento tendencioso e não representativo compromete nossa capacidade de descrever a biodiversidade existente ou fazer previsões precisas sobre como isso pode mudar no futuro (traduzido de HORTAL *et al.* 2015).

Atualmente, são conhecidos sete *shortfalls* de biodiversidade (ver HORTAL *et al.* 2015), sendo os dois mais graves e recorrentes: o Linneano e o Wallaceano. O primeiro diz respeito à discrepância entre o número de espécies descritas e o número de espécies que realmente existem (LIMOLINO, 2004). Esta diferença é devido as espécies que ainda não foram amostradas e espécies que já foram amostradas, mas ainda não foram formalmente descritas, resultado do impedimento taxonômico advindo da falta de financiamento e/ou capacidade em taxonomia (HORTAL *et al.* 2015). Já o segundo é decorrente da falta de conhecimento sobre a distribuição geográfica das espécies (LIMOLINO, 2004), resultado das diferenças gritantes na capacidade científica e de acesso entre as regiões (RODRIGUES *et*

al. 2010), dificultando a amostragem de regiões remotas, tal qual acontece com as grandes florestas tropicais (HORTAL *et al.* 2015). Esse déficit traz como consequências diferenças nos registros de biodiversidade entre as regiões, com algumas muito bem amostradas enquanto outras com conhecimentos escassos.

Ambas deficiências ditas anteriormente afetam os estudos de cavernas, dado que muitos habitats subterrâneos são de difícil acesso para coletas e registros, e que muitas espécies coletadas ainda se encontram em um *status* de não identificadas/descritas, estando apenas armazenadas em coleções zoológicas para futuros estudos, sejam taxonômicos ou biogeográficos. Além disso, a dificuldade em classificar os organismos dentro das categorias de Schiner-Racovitza tem levado a categorizações errôneas e/ou omissão de tais categorias em listas faunísticas. O que pode implicar em graves consequências, devido às potenciais implicações adversas na conservação do patrimônio espeleológico nacional (TRAJANO & BESSI, 2017).

No caso dos troglófilos a dificuldade no reconhecimento de que os organismos pertencem a esta categoria, deve-se à necessidade de encontrar evidências da ocorrência de populações-fonte subterrâneas e epígeas, tais como sinais de alimentação e reprodução, além da presença de todas as fases do ciclo de vida em ambos ambientes (TRAJANO & BESSI, 2017).

Ainda, a distinção entre troglófilos e troglóxenos é mais complexa do que parece, visto que sua diferenciação é de natureza ecológica e dependente da disponibilidade de recursos alimentares. Tanto que existem registros de organismos que usualmente são troglóxenos, mas que em situações de cavidades com grande disponibilidade de recursos alimentares possuem capacidade de estabelecer populações troglófilas, como o caso da aranha do Gênero *Mesobolivar* que são comumente troglóxenas, mas que formam populações troglófilas em cavernas com grande disponibilidade de alimentos na região Altamira-Itaituba (ver TRAJANO & BESSI, 2017).

Outro fator que pode causar confusões é que ambas categorias podem se deslocar para fora ou para dentro de cavernas, sendo a principal diferença entre eles o fato de que os troglófilos **podem** sair enquanto os troglóxenos **devem** sair para completar o ciclo de vida (TRAJANO & BESSI, 2017). Logo somente observações de presença e de entrada/saída são insuficientes para categorizá-los, sendo necessários estudos populacionais com enfoque na escala temporal anual, estudos estes que não são comumente aplicados nos trabalhos de levantamento faunístico em cavernas (TRAJANO & BESSI, 2017).

Em contrapartida, com o avanço tecnológico das últimas décadas e com o surgimento de plataformas que facilitam a compilação e curadoria dos dados de biodiversidade, os *shortfalls* tem sido amenizados em diversos estudos (HORTAL *et al.* 2015). Por exemplo, iniciativas como o *Catalogue of life* (<https://www.catalogueoflife.org>) servem como importantes

bases de dados para consulta; as ferramentas de pesquisa por trabalhos publicados e disponibilizados na Plataforma CAPES (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br>) e no Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>), garantem acesso e compilação desse conhecimento. Portanto uma base de dados acerca dos troglófilos é fundamental para o entendimento e o combate dos défices de conhecimento sobre o grupo, bem como para uma melhor compreensão dos habitats subterrâneos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivos principais:

- Elaborar uma base de dados (*database*) robusta que receberá o nome de *PBioTroglophileBR*, e contará com dados de riqueza para TFs de cavernas brasileiras;
- E avaliar os *Shortfalls* de biodiversidade encontrados nos estudos sobre os habitats subterrâneos.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse projeto compreendem:

- Realizar um levantamento bibliográfico de trabalhos publicados relacionados a TFs do Brasil, seja por meio de listas faunísticas com categorização ou descrição de novas espécies;
- Mesclar os dados obtidos no levantamento bibliográfico com dados de coleta da coleção zoológica do Laboratório de Estudos Subterrâneos para elaboração da base de dados da biodiversidade troglófila brasileira;
- Garantir o fácil acesso por parte de terceiros à esta base de dados robusta através do website do Laboratório de Estudos Subterrâneos (<http://www.lesbio.ufscar.br>);
- Identificar quais grupos taxonômicos tem maior representatividade na categoria troglófila;
- Verificar se há ou não diferenças entre os estados e as regiões biogeográficas do Brasil, quanto ao registro de biodiversidade de TFs;
- Verificar o quanto o *shortfall Wallaceano* tem influenciado no conhecimento quanto à distribuição de espécies TFs;
- Verificar o aumento no registro e conhecimento de biodiversidade de TFs no

decorrer dos anos e mensurar esse aumento;

- Comparar os táxons registrados com classificação incompleta (até o nível de Família ou Subfamília) e as espécies totalmente identificadas em Gênero/espécie para verificar o quanto o *shortfall* Linneano influencia o conhecimento acerca da diversidade troglófila;
- Avaliar os motivos do negligenciamento histórico de troglófilos em dados faunísticos, de forma a averiguar a possível existência de um novo *shortfall* de biodiversidade;
- Avaliar como as tecnologias atuais (bases de dados, ferramentas de identificação, etc) tem ajudado a amenizar o efeito de shortfalls em levantamentos de biodiversidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Levantamento Bibliográfico

Para o levantamento bibliográfico, foram realizadas pesquisas em acervos digitais de literatura, tais como a plataforma CAPES, o *Web of Science* e o Google Acadêmico. Para tal, utilizou-se de palavras-chave (Figura 2) e/ou filtros de pesquisa (Figura 3) com enfoque em termos como “troglophile”, “troglophilics”, “Brazil”, “Caves”, “Biodiversity” e “New Species”. Foram selecionados apenas trabalhos posteriores à “Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994)”, publicada por Ricardo Pinto-da-Rocha em 1995.

A captura de tela mostra a interface de pesquisa da plataforma CAPES. No topo, há uma seção 'Filtros de busca' com quatro campos de entrada. O primeiro campo contém 'Troglophilics', o segundo 'Brazil, Brasil', o terceiro 'Troglophiles' e o quarto 'Brazil, Brasil'. Cada campo tem um menu suspenso para 'Qualquer campo' e 'contém'. Abaixo dos campos, há botões '+ ADICIONAR OUTRO CAMPO' e 'LIMPAR'. À direita, há uma seção 'Tipo de material' com opções 'Todos os itens', 'Idioma' (Qualquer idioma) e 'Data de publicação' (data específica). O campo 'Data Inicial' está configurado para '01 / 01 / 1996' e o campo 'Data Final' para '31 / 12 / 2022'. No rodapé da interface, há um resumo das pesquisas: 'Qualquer campo contém Troglophilics', 'E Qualquer campo contém Brazil, Brasil', 'OU Qualquer campo contém Troglophiles' e 'E Qualquer campo contém Brazil, Brasil'. Um botão 'BUSCAR' está visível no canto inferior direito.

Figura 2. Captura de tela contendo os parâmetros de pesquisa utilizados na plataforma CAPES.

Fonte: Periódicos CAPES. Captura realizada em 05 de abril de 2022.



Figura 3. Captura de tela contendo os filtros de pesquisa aplicados nos resultados obtidos inicialmente. *Fonte: Periódicos CAPES. Captura realizada por Marcus Duarte em 05 de abril de 2022.*

Os artigos encontrados foram lidos, e as espécies/morfotipos cujos autores declararam, nas listas faunísticas ou na descrição da espécie, como troglófilos ou possivelmente troglófilos foram tabelados e quantificados em planilhas no aplicativo Microsoft Excel, versão 2306 pacote *Office* 2019.

3.2. Revisão de Nomenclaturas e Classificações

Os táxons obtidos tanto pelas consultas bibliográficas quanto pelos dados de coleta do Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), antes de serem registrados na base de dados, foram revisados através de consultas às ferramentas *online* de base de dados confiáveis de Biodiversidade, tais como *Catalogue of Life* (COL, Figura 4), Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr), *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), *World Register of Marine Species* (WORMS), entre outras. Para correção de nomenclaturas e classificações taxonômicas que eventualmente tenham sofrido alterações posteriores às publicações consultadas.

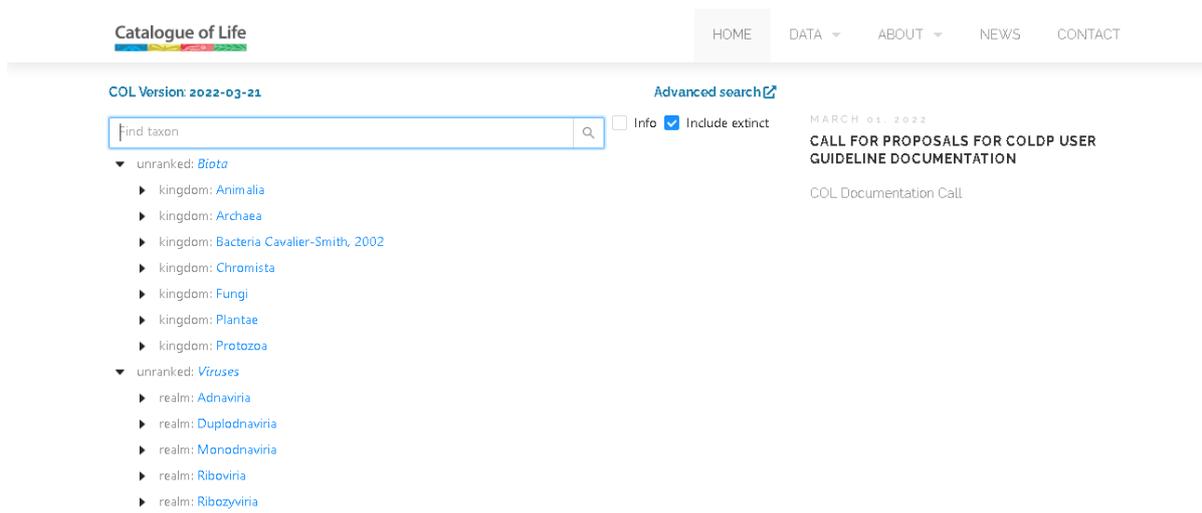


Figura 4. Captura de tela contendo a página inicial do *website* da base de dados de biodiversidade. *Fonte: Catalogue of Life (COL), localizado em: < https://www.catalogueoflife.org>. Captura realizada em 19 de abril de 2022.*

Para evitar conflitos futuros, foi adicionado uma aba à nossa base dados denominada “Observações” onde foi registrado o nome original encontrado no trabalho utilizado como fonte (Figura 5).

Gênero, espécie e/ou morfotipo	Observações
<i>Achaearanea</i> spp.	No trabalho está como <i>Achaearanea</i> sp.
<i>Achaearanea</i> sp. 1	
<i>Theridion bergi</i> (Levi, 1963)	
<i>Theridion</i> sp. 1	
<i>Theridion</i> sp. 1	
<i>Nesticodes rufipes</i> (Lucas, 1846)	No trabalho está como <i>Theridion rufipes</i> , porém esse nome não é mais aceito.

Figura 5. Captura de tela de um exemplo da aba de observações presente na base de dados proposta nesse estudo, mostrando as alterações de nomenclatura ocorridas.

3.3. Análise dos dados

Os dados de biodiversidade obtidos foram registrados na forma de tabela através do *software* Microsoft Excel (versão 2306, pacote *Office* 2019). A tabela foi organizada com informações como classificação taxonômica, estados de ocorrência, quais cavidades se encontram e de qual publicação a informação foi retirada.

Para quantificação e análise dos morfotipos que não estão identificados até o nível de espécie e que se encontram em mais de uma cavidade, foram propostos neste estudo os conceitos de “estimativa mínima”, em que se considerou como uma única espécie ocorrendo conjuntamente em várias cavidades, e de “estimativa máxima”, onde foram considerados uma espécie para cada cavidade. Por exemplo, em um ou mais trabalhos encontrou-se aranhas identificadas apenas até o Gênero *Loxosceles* com indivíduos presentes em 20 cavernas

diferentes, neste caso na “estimativa mínima” foi considerado apenas uma única espécie que possivelmente ocorre nas 20 cavidades, enquanto na “estimativa máxima” foram cogitadas possíveis 20 espécies diferentes.

Os registros obtidos foram analisados por meio da plataforma R! versão 4.2.1 (2011) e do *software* R! Studio (versão 2022.12.0 Build 353), com o uso dos pacotes *readxl*, *dplyr*, *tidyverse* e *ggplot2* de forma a confeccionar gráficos que representem:

- Quais são os grupos taxonômicos com mais representantes TFs e a diferença de riqueza de espécies e morfotipos entre tais grupos;
- Distribuição da descrição de espécies TFs no decorrer dos anos e evidenciamento de se houve ou não aumento no número de espécies troglófilas conhecidas.
- Distribuição temporal da coleta dos material-tipo das espécies TFs no decorrer dos anos e evidenciamento de se houve ou não aumento na coleta de troglófilos.
 - As datas de coleta foram retiradas dos artigos de descrição e redescricao das espécies e, em alguns casos, do registro de coleções fornecidos pelo Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBR).
- Comparativo entre o número de morfotipos determinados ao nível de espécie, determinados até o nível de Gênero e aqueles que só foram identificados e registrados apenas até os níveis taxonômicos superiores como Subfamília, Família, Subordem ou Ordem;
- E comparativo entre o número de periódicos com levantamentos faunísticos que possuem informações sobre as categorias ecológico-evolutivas de Schiner-Racovitza (1907) com aqueles que não apresentam tais informações.

Também foram realizados testes estatísticos de Kruskal-Wallis (1952) usando o pacote *rstatix* de forma a comparar entre as Ordens e Classes de troglófilos, se existem diferenças significativas quanto ao registro de espécies, estimativa mínima e estimativa máxima de morfotipos.

Ademais, foram elaborados mapas de dispersão para as espécies troglófilas brasileiras, dividindo-as ao nível de Classe, em alguns casos ao nível de Ordem e até mesmo Família (quando havia muitas espécies representantes). Para isto foram obtidas as coordenadas de ocorrência das espécies troglófilas a partir das próprias bibliografias utilizadas no trabalho. Para aquelas cavidades que foram disponibilizadas no trabalho somente o código e/ou nome, foram consultadas a base de dados do Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil (<https://cnc2022devprovis1.websiteseuro.com/Default.aspx>) e o Anuário Espeleológico de 2021 disponibilizado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV, 2021), para obtenção das coordenadas. Em seguida, as coordenadas

obtidas foram plotadas no *software* Google Earth Pro (versão 7.3.6.9345; 2022 Google LLC) e posteriormente exportadas no formato .kml para a plataforma QGIS (versão 3.28.2; 2023).

Na plataforma foram gerados mapas com malha de divisão política em estados federativos através do arquivo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e com malha de divisões biogeográficas (Figura 6) baseadas na proposta de Morrone (2011) e Morrone (2014), utilizando do arquivo desenvolvido por Lowenberg-Neto (2016). Também foram feitas análises de Kruskal-Wallis na plataforma R! (versão 4.2.1; 2011) para verificar diferenças significativas entre as Províncias e Domínios biogeográficos quanto à concentração de espécies TFs.



Figura 6. Divisões biogeográficas propostas por Morrone em 2014. *Fonte: Figura retirada do trabalho “Biogeographical regionalisation of the Neotropical” (MORRONE, 2014).*

4. RESULTADOS

A partir das análises bibliográficas e reunião dos dados acerca dos troglófilos brasileiros, obteve-se o registro de 143 espécies (Figura 7) e 174 Gêneros ocorrendo no país, sendo que estes estão distribuídos em 151 Famílias, 46 Ordens, 10 Classes e cinco Filos diferentes, sendo parte desta riqueza ilustrada pela Figura 11. A principal Classe representante dos TFs foi a dos aracnídeos (Figura 8) em que as Ordens com maior registro de espécie foram Araneae (41 espécies), Opiliones (11 espécies) e Amblypygi (nove espécies), além disso os Collembola também tiveram destaque, com 14 espécies registradas.

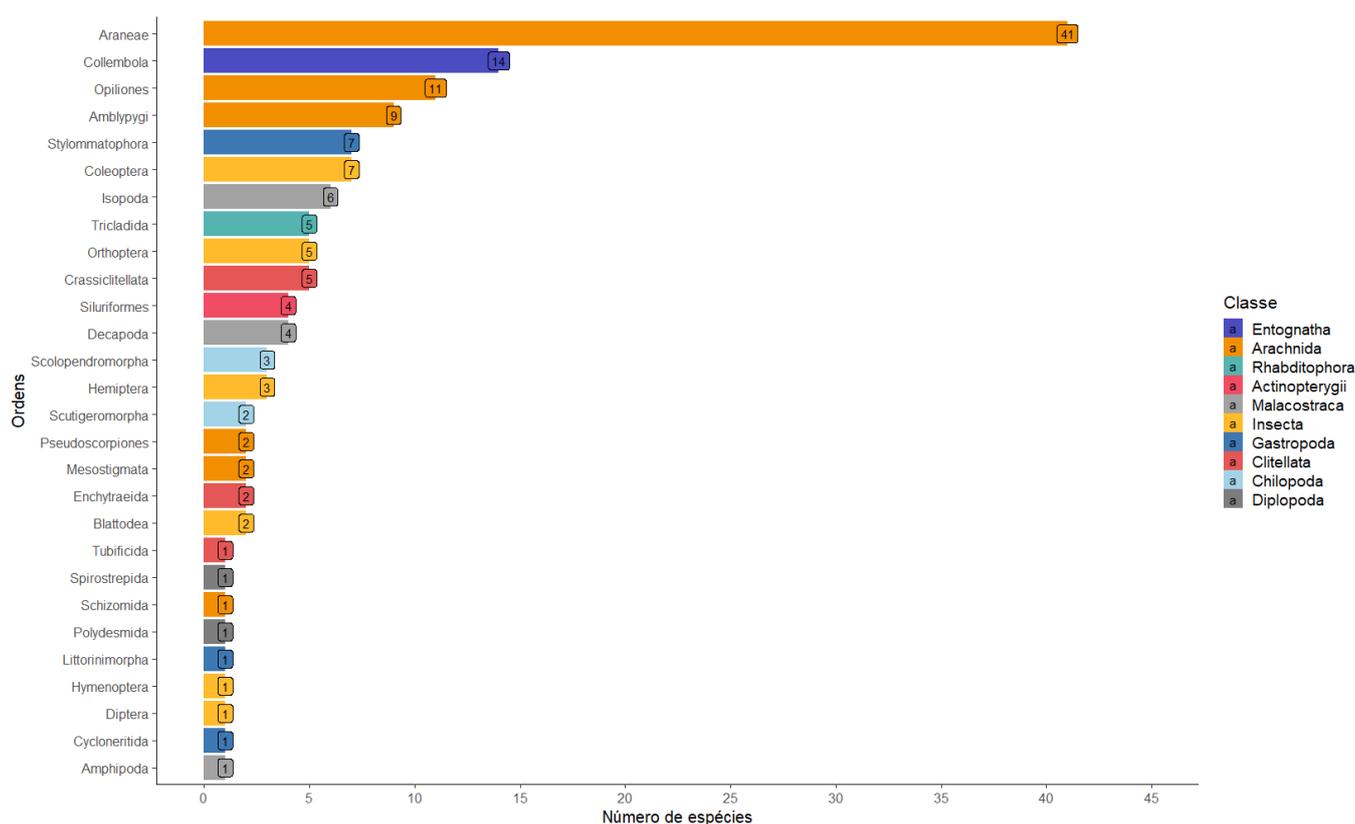


Figura 7. Gráfico da distribuição de espécies TFs nas diferentes Ordens.

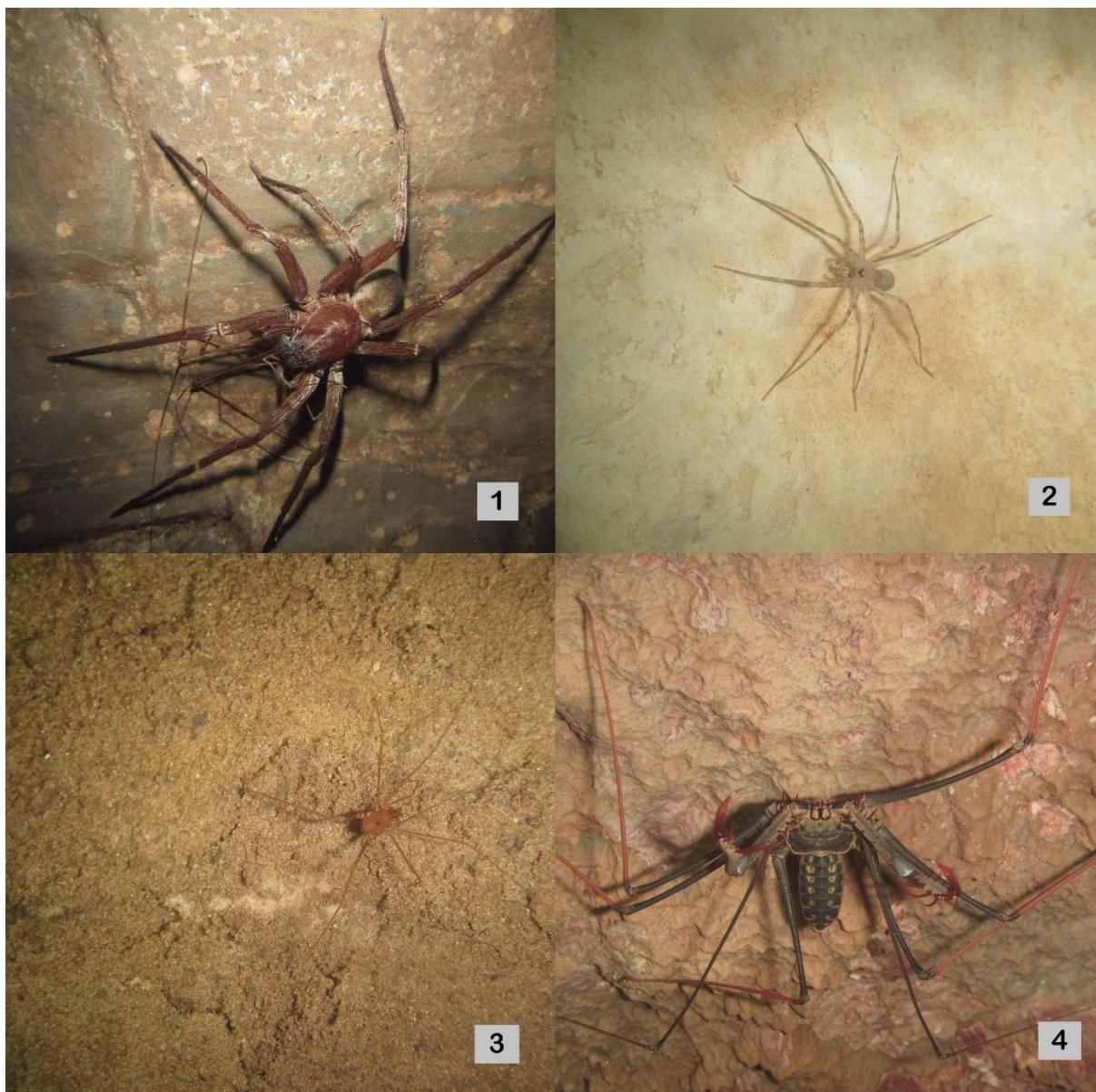


Figura 8. Aracnídeos TFs do estado de Goiás. Contendo (1) uma aranha da Família Ctenidae, (2) uma aranha da Família Lycosidae, (3) um opilião da Família Gonyleptidae, e (4) um amblopígio, respectivamente. *Fotografias: Jonas Eduardo Gallão.*

Além das 143 espécies registradas estima-se que possam existir entre 639 e 1677 morfotipos diferentes que não foram totalmente identificados e/ou determinados (segundo procedimento descrito no item 4.1). Tratando-se de possíveis morfotipos as Ordens que apresentaram maiores valores foram Araneae, seguido de Coleoptera, Diptera, Entomobryomorpha e Hemiptera, considerando uma estimativa mínima (Figura 9). No caso da estimativa máxima os maiores valores estão distribuídos entre as Ordens Araneae, Diptera, Coleoptera, Orthoptera e Entomobryomorpha, respectivamente (Figura 10).

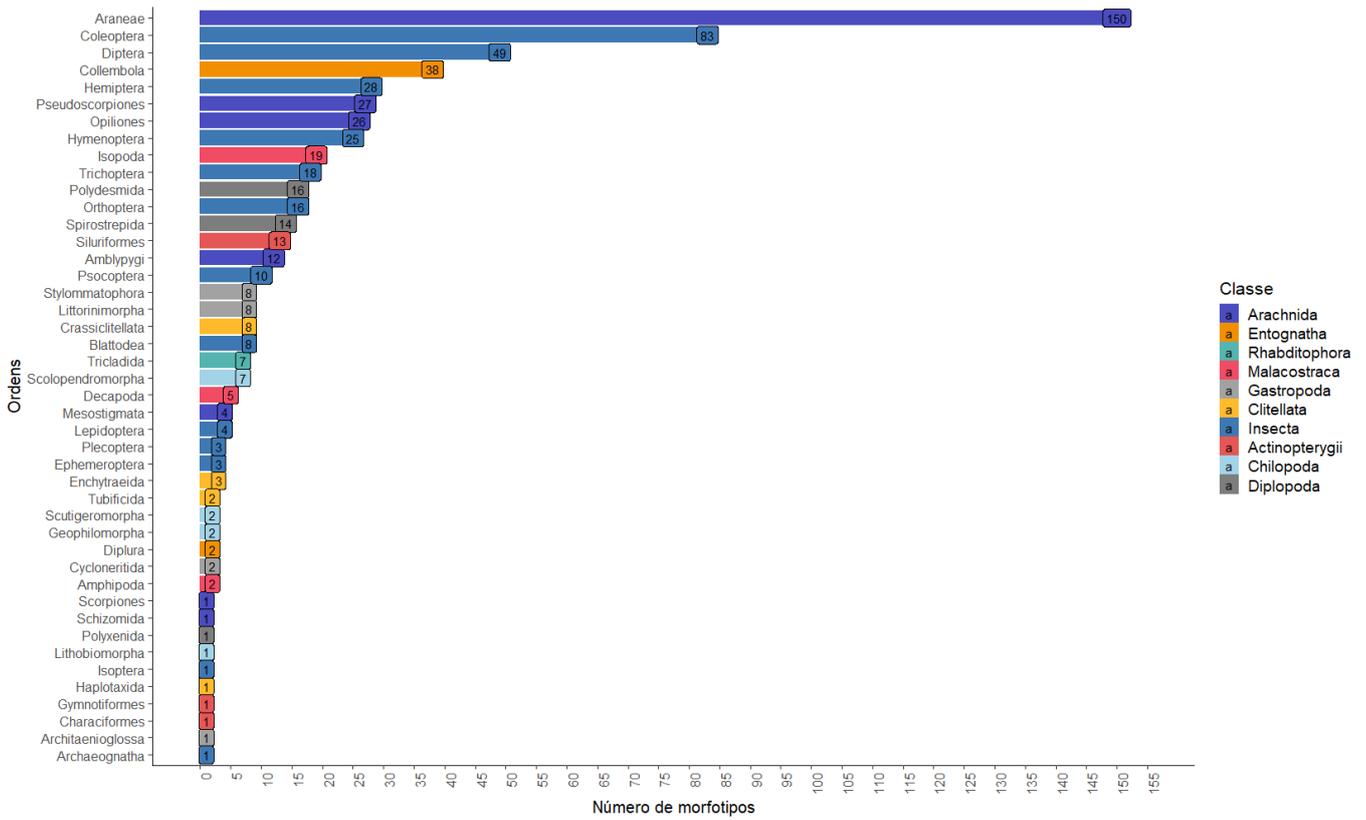


Figura 9. Gráfico com as estimativas mínimas de possíveis morfotipos nas diferentes Ordens.

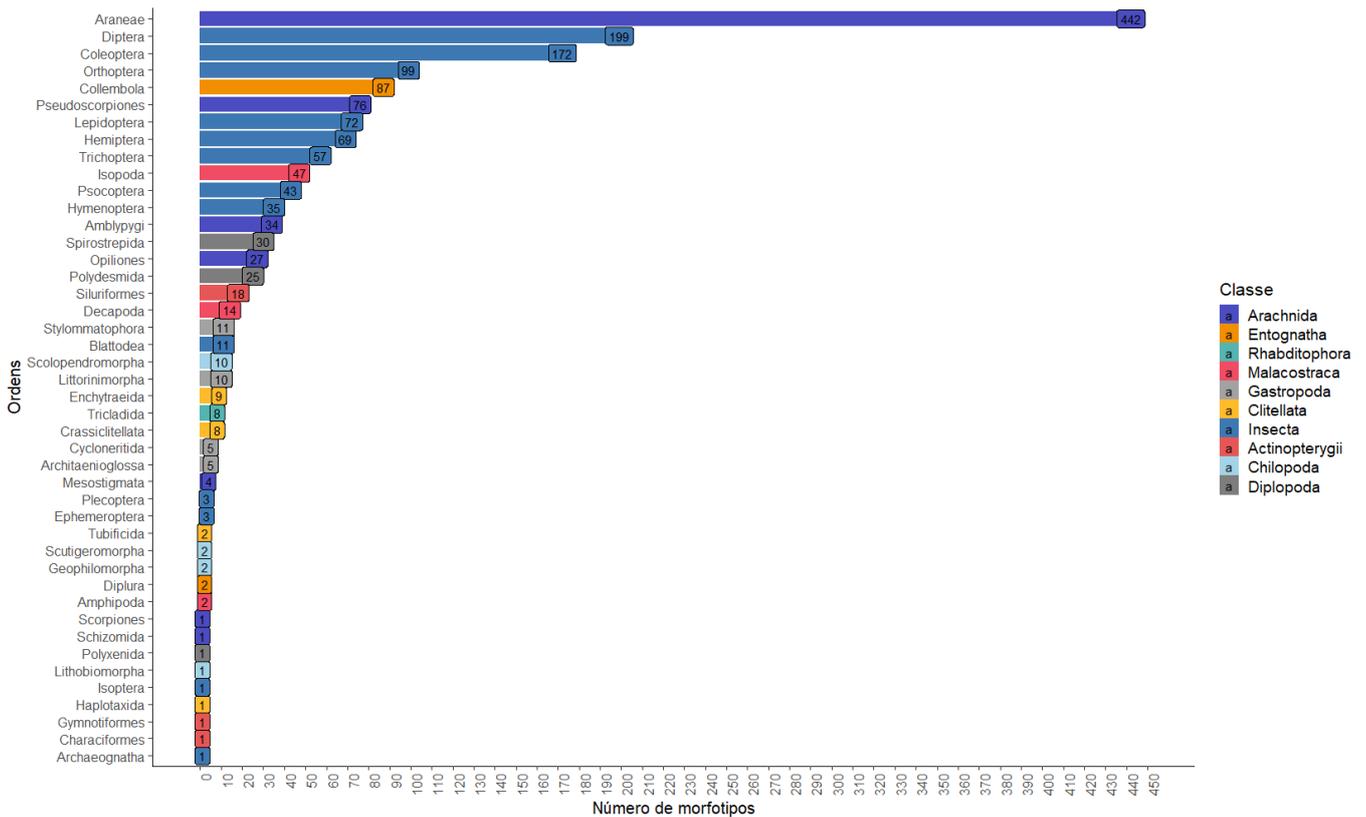


Figura 10. Gráfico com as estimativas máximas de possíveis morfotipos nas diferentes Ordens.

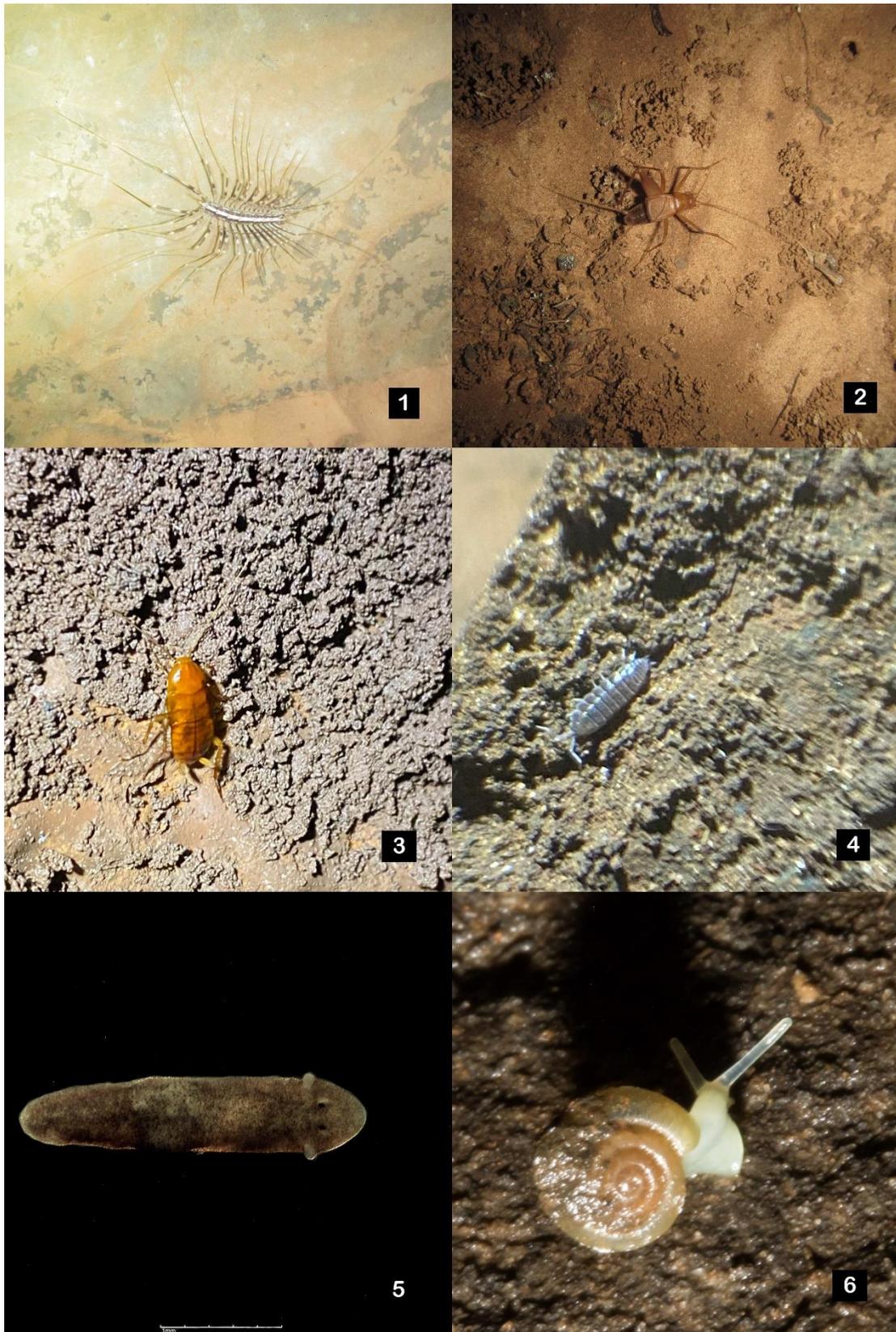


Figura 11. Diferentes animais TFs. Contendo (1) um Chilopoda da Ordem Scutigermorpha, (2) um grilo da Família Phalangopsidae, (3) uma barata (Ordem Blattodea), (4) um tatuzinho-de-jardim (Ordem Isopoda), (5) uma planária da Classe Rhabditophora e (6) um molusco da Classe

Gastropoda, respectivamente. *Fotografias: Jonas Eduardo Gallão e Maria Elina Bichuette.*

As análises estatísticas apontaram que não existem diferenças significativas entre as Classes quanto ao número de registros, porém analisando ao nível de Ordem os registros possuem diferenças significativas (Tabela 1), corroborando com o que foi exibido nos gráficos acima, de que existem algumas Ordens que representam mais os organismos troglófilos do que outras.

Tabela 1 – Testes de Kruskal-Wallis comparando Classes e Ordens de troglófilos.

Nível Taxonômico	Chi-Squared	DF	p-value
Classe	10.917	9	0.2814
Ordem	83.537	43	0.0002086 *

4.1. Refinamento Taxonômico e o *Shortfall* Linneano

Ao avaliar o impacto do *shortfall* Linneano sobre os registros da diversidade troglófila do Brasil, averiguou-se que o impedimento taxonômico tem influenciado o conhecimento acerca da riqueza destes animais, visto que existem diferenças discrepantes entre o número de espécies determinadas e as estimativas de morfotipos identificados até o nível de Gênero, sendo o primeiro apenas 42% da representação do segundo (levando em consideração apenas as estimativas mínimas).

Levando as análises para além do nível de Gênero e considerando morfotipos com identificação apenas até as classificações superiores em nível de Família, Ordem, e/ou Classe, esta diferença torna-se ainda maior, fazendo com que as espécies TFs registradas sejam apenas 22,4 % da estimativa mínima de morfotipos prováveis de realmente existirem no ambiente natural e que não foram identificadas ou descritas (Figura 12).

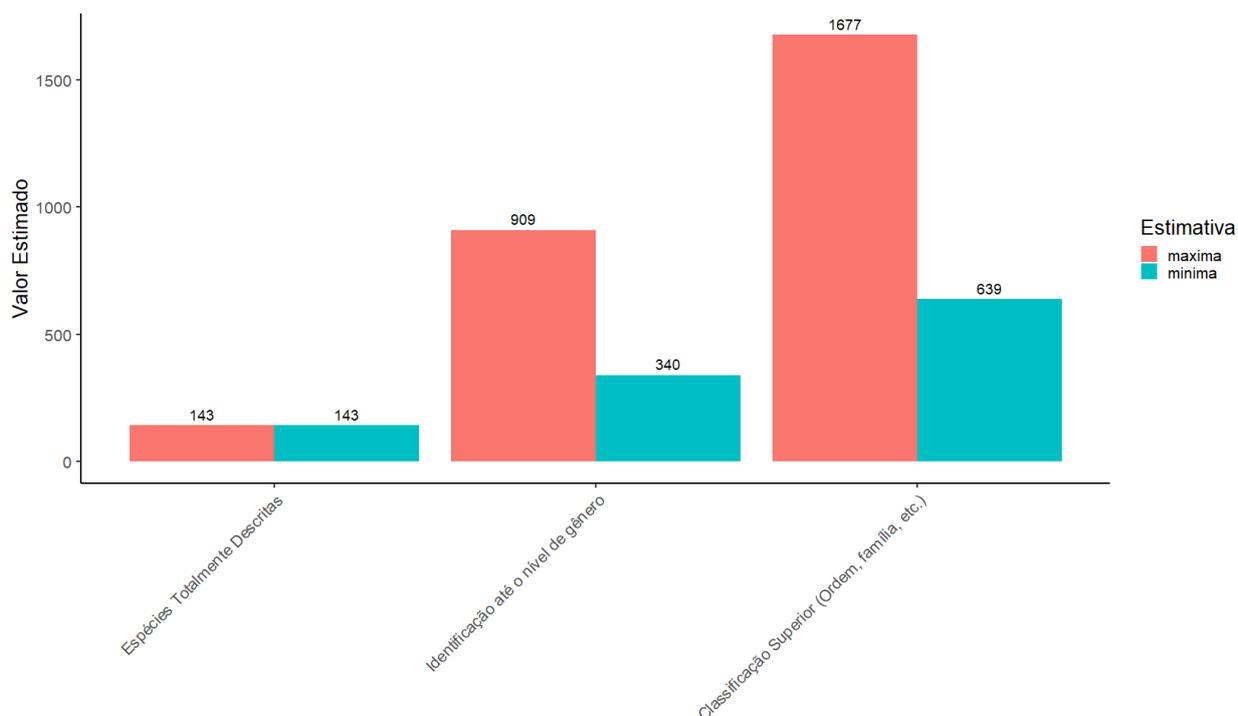


Figura 12. Gráfico representando a diferenças entre o número de espécies TFs determinadas e as estimativas (mínimas e máximas) para os animais que estão identificados até o nível de Gênero e os que estão identificados apenas em classificações superiores (Classe, Ordem, Família, etc.).

Comparando-se o número de registro de Gêneros, Famílias, Ordens, Classes e Filos registrados utilizando apenas as espécies determinadas e comparando com o número destas mesmos registros para os morfotipos não identificados até o nível específico, fica evidente o aumento nos registros e, conseqüentemente, na riqueza destas classificações do primeiro para o segundo caso. Assim, foram observados aumentos de aproximadamente 96,6% para registro de Gêneros, 147,5% para o número de Famílias registradas, 58,6% para Ordens e 11% para Classes (Figura 13).

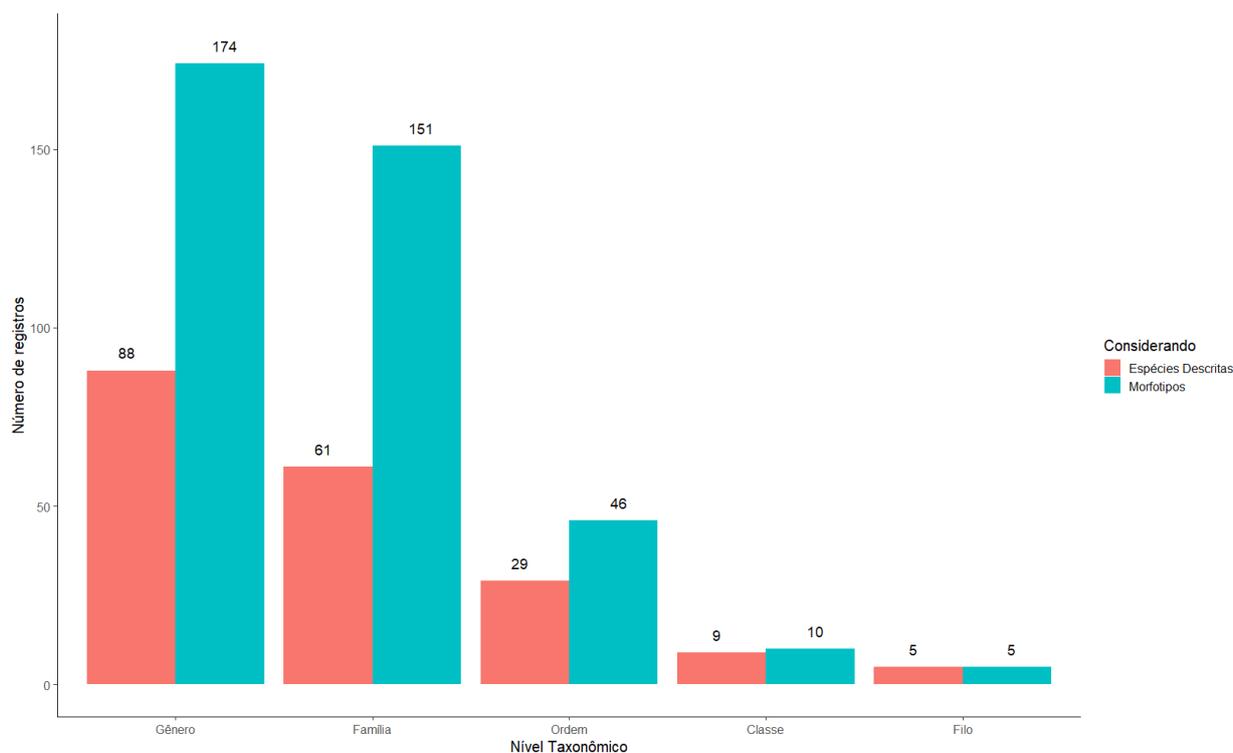


Figura 13. Gráfico de comparação entre o registro de Gêneros, Famílias, Ordens, Classes e Filos levando em consideração somente espécies determinadas, e considerando morfotipos identificados apenas ao nível de Gênero ou ao nível de classificação superior.

A análise de Kruskal-Wallis, evidenciou diferenças significativas entre o número de espécies formalmente descritas, número mínimo de morfotipos possíveis e número máximo de morfotipos possíveis ($chi\text{-squared} = 30.398$, $df = 2$, $p\text{-value} = 2.507e-07$). Com o teste a posteriori de Dunn (1964), para comparação par a par, foi possível observar diferenças significativas entre espécies e morfotipos mínimos e entre espécies e morfotipos máximos (Tabela 2). Isto corrobora que existe influência do déficit Linneano (quanto ao refinamento taxonômico e conhecimento real da riqueza de espécies) para os TFs, como podemos observar na Figura 14.

Tabela 2 – Testes de Dunn (1964) comparando espécies, morfotipos mínimos e morfotipos máximos.

Group 1	Group 2	N1	N2	p-adjust
Espécies	Morfotipos Mínimos	44	44	7.60e-5 *
Espécies	Morfotipos Máximos	44	44	5.00e-7 *
Morfotipos Mínimos	Morfotipos Máximos	44	44	0.265

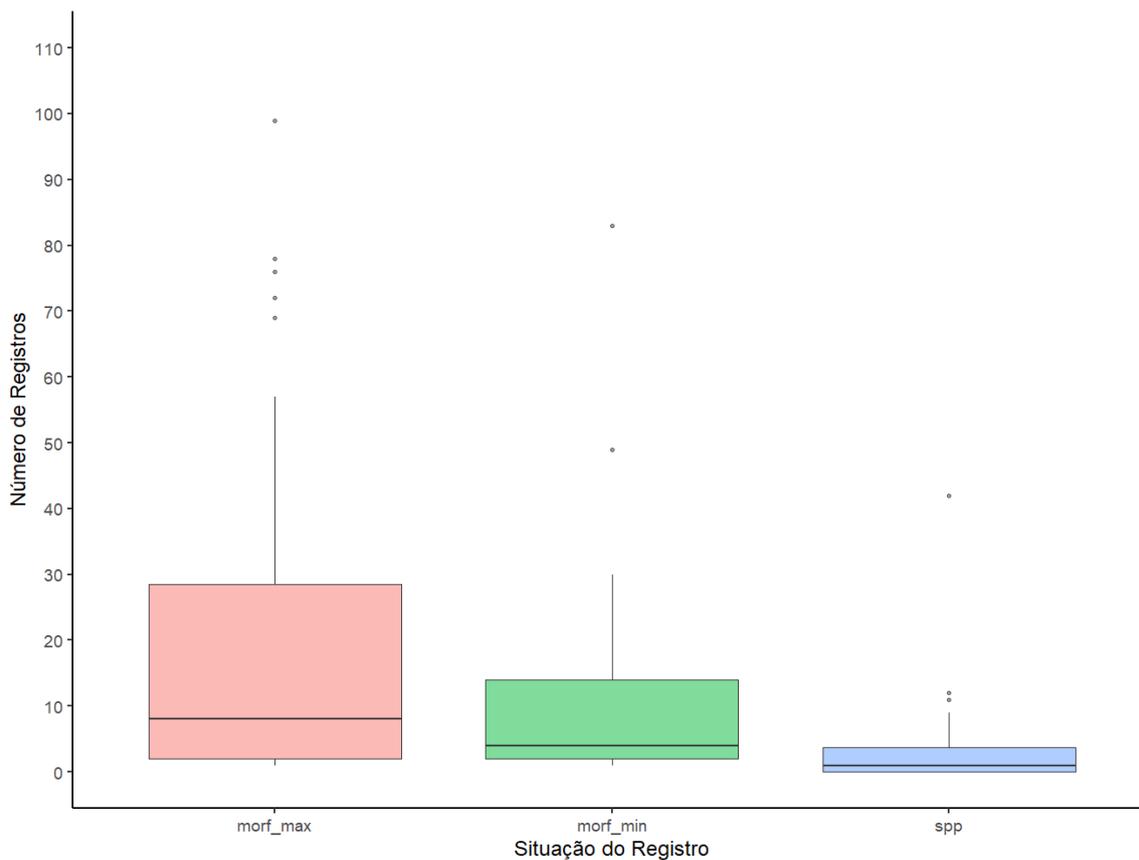


Figura 14. Gráfico do tipo boxplot comparando o número de registros de morfotipos máximos (morf_max), morfotipos mínimos (morf_min) e espécies descritas (spp).

Ainda, nossos resultados mostram diferenças na representatividade dos troglófilos, quanto à espécies determinadas e as estimativas mínimas e máximas (Figura 15), com aumentos significativo nos registros e, conseqüentemente, na representatividade principalmente para as ordens Diptera, Coleoptera e Orthoptera (Classe Insecta). Para as ordens Amblypygi e Opiliones (Classe Arachnida), em contrapartida, a representatividade diminui quando considera-se morfotipos não identificados.

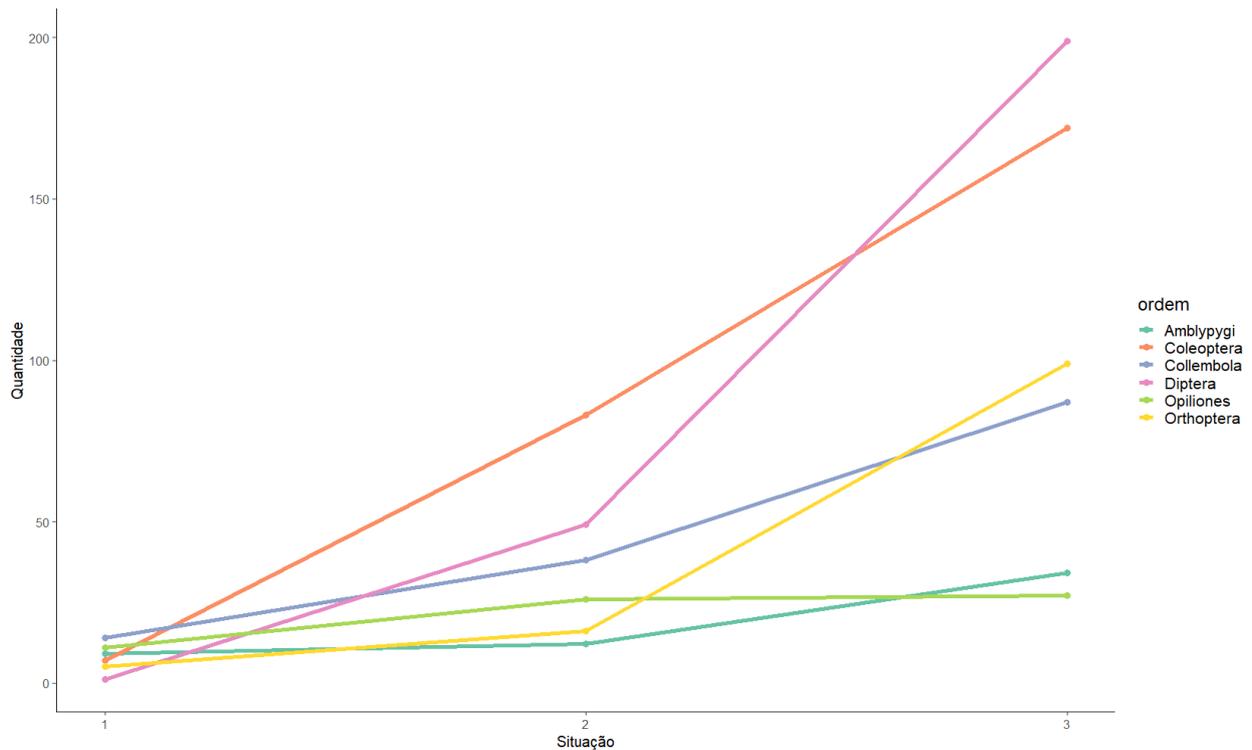


Figura 15. Gráfico da mudança da representatividade das principais Ordens de TFs conforme a situação. Onde situação 1 equivale a somente espécies descritas, 2 equivale a estimativa mínima de morfotipos e 3 à estimativa máxima de morfotipos.

4.2. Registro Temporal das espécies troglófilas

Ao analisar historicamente a descrição de espécies TFs no Brasil, observa-se que muitas espécies foram descritas antes mesmo do surgimento da Bioespeleologia por volta de 1900 e de sua implementação no Brasil a partir da década de 90. Um exemplo disso é o caso da aranha *Trichonephila clavipes* (Linnaeus, 1767), que só foi evidenciada habitando o ambiente subterrâneo e categorizada como troglófila posteriormente. Ainda assim é evidente que até o ano de 2022, houve um claro aumento no número de descrição e de registro de espécies (como observado nas Figuras 16 e 17), o que é natural dado o desenvolvimento da bioespeleologia e da taxonomia no país e no mundo.

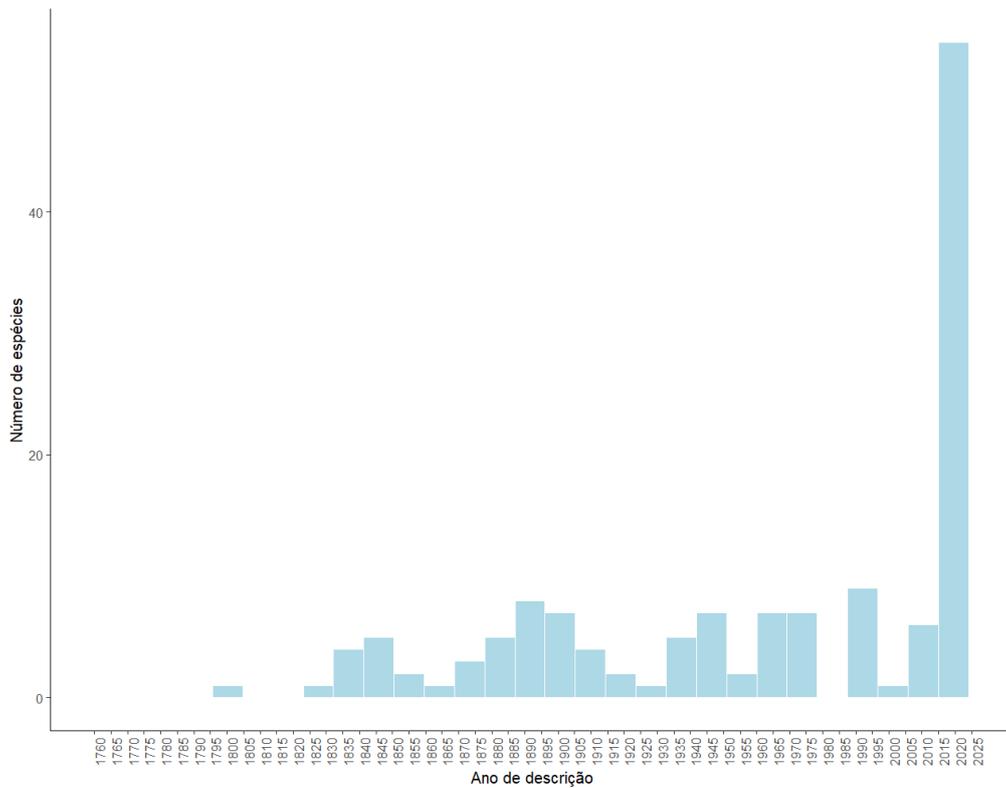


Figura 16. Temporalidade na descrição de espécies TFs no decorrer dos anos, utilizando um intervalo de cinco em cinco anos.

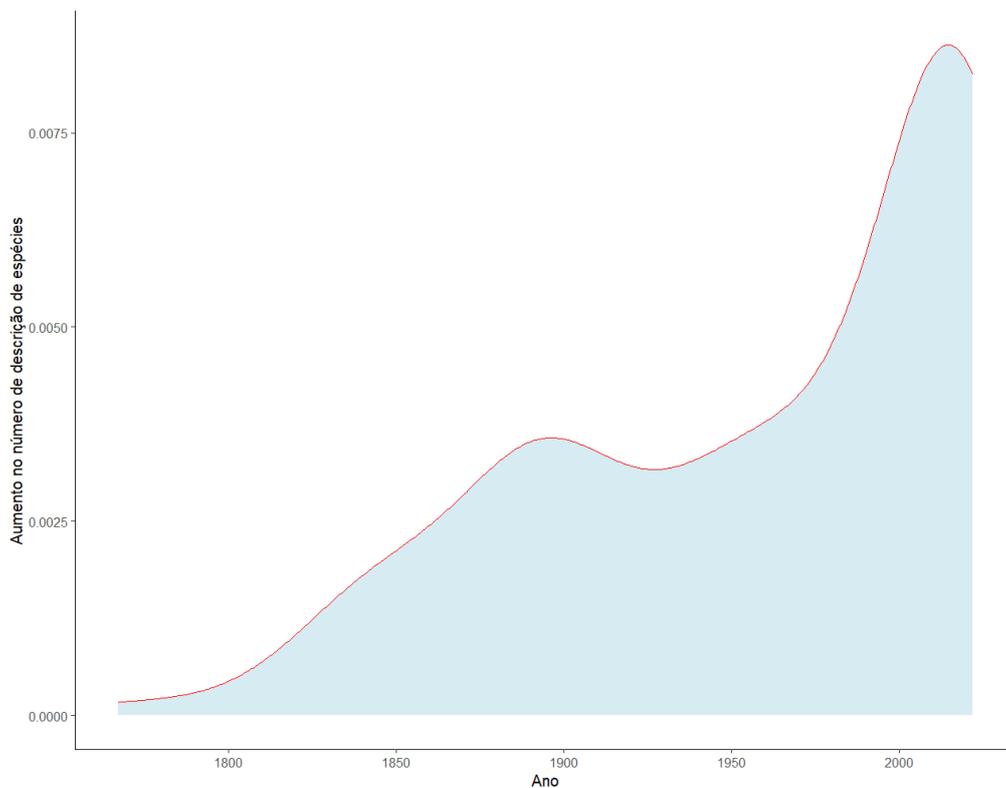


Figura 17. Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil.

O mesmo ocorre para a coleta de material-tipo que levaram à descrição das espécies, visto que para as mais antigas, estes materiais foram coletados na superfície (epígeo). Somente a partir dos anos 1990, com a instauração de pesquisas na área da bioespeleologia no país, conjuntamente com a evolução e progressão da zoologia e o aumento em investimentos em campanhas de campo, que as coletas destes materiais no ambiente subterrâneo passaram a ser catalogadas, levando ao aumento de registros observado nas Figuras 18 e 19.

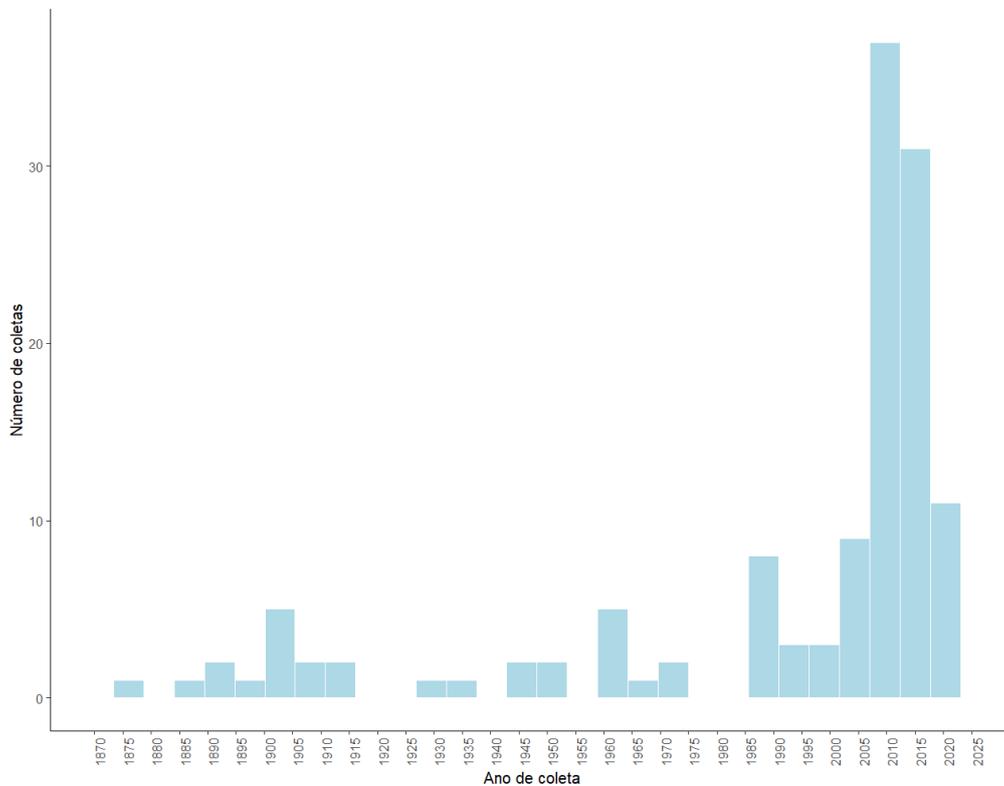


Figura 18. Temporalidade da coleta dos material-tipo das espécies TFs do Brasil no decorrer dos anos, utilizando intervalos de cinco em cinco anos.

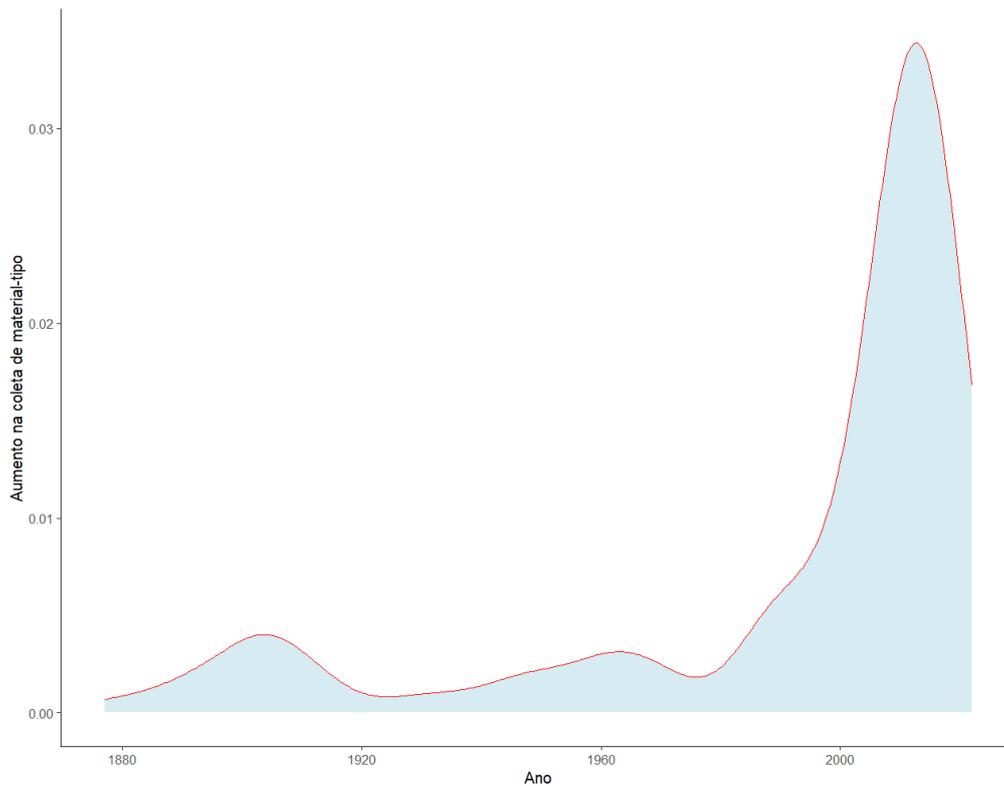


Figura 19. Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo das espécies TFs para o Brasil.

Realizando um recorte de períodos específicos observa-se que desde a primeira espécie descrita no ambiente epígeo, em 1767, até o surgimento e estabelecimento dos primeiros laboratórios e grupos de pesquisa em espeleobiologia no Brasil, por volta de 1990, manteve-se uma média de descrição de 0,31 espécies por ano (73 espécies no decorrer de 230 anos), sendo que houve um constante aumento, com certas oscilações entre 1900 e 1940, na descrição no decorrer dos anos, e com um declínio após 1970, sendo o período com maior descrição de espécies entre 1940 e 1945, e entre 1960 e 1965 (Figuras 20 e 21).

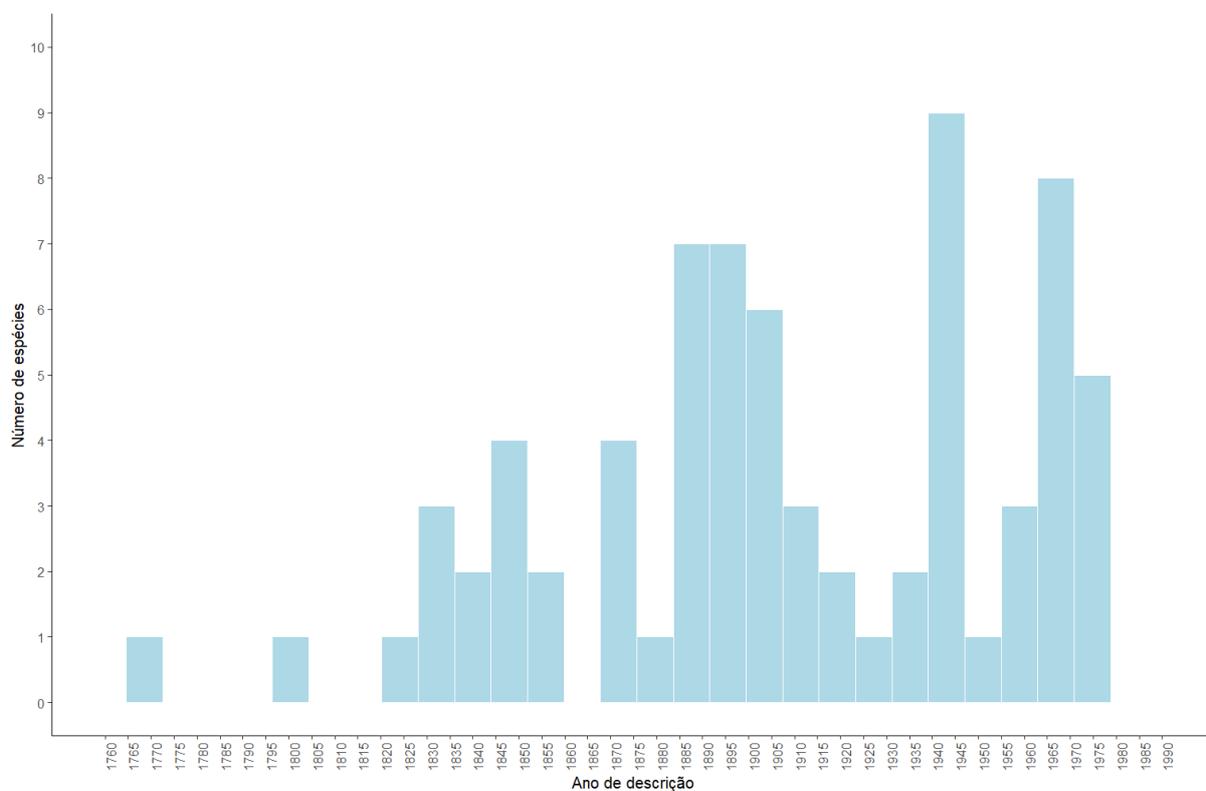


Figura 20. Temporalidade na descrição de espécies TFs entre o período de 1760 e 1990, utilizando um intervalo de cinco em cinco anos.

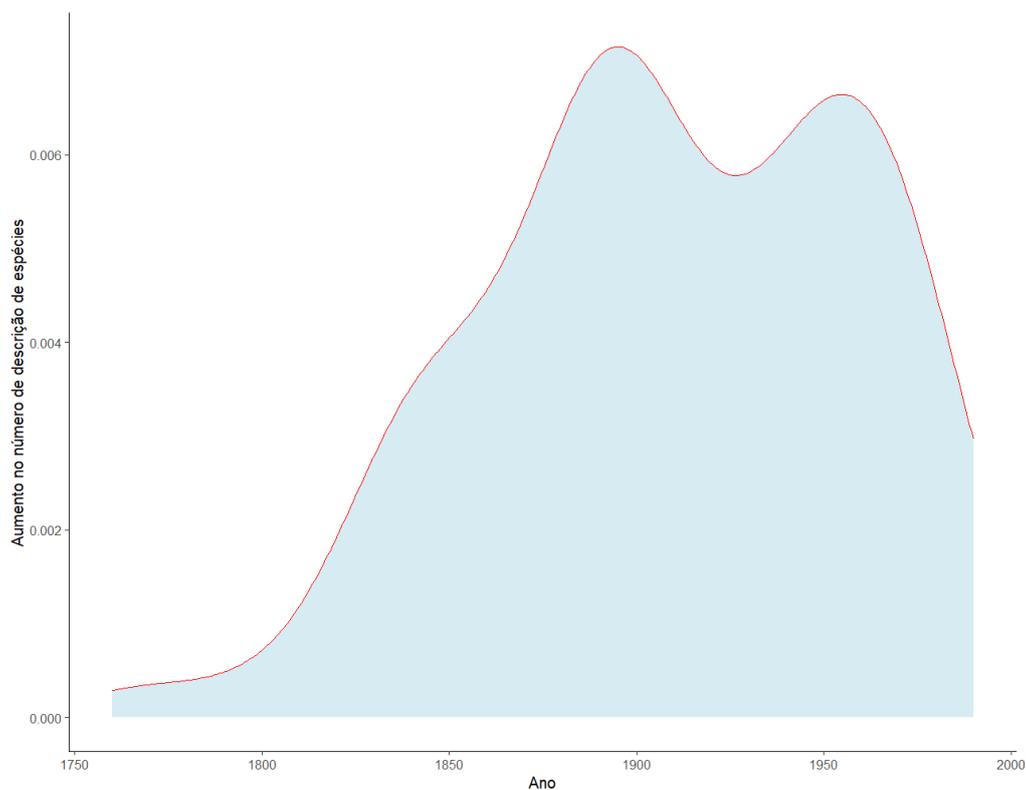


Figura 21. Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1750 e 1990.

Para os dados correspondentes a holótipos e/ou parátipos, fazendo um recorte de 1870 (visto que o registro mais antigo de coleta encontrado nas pesquisas foi de 1876) até 1990, nota-se que havia uma média de coleta destes materiais na superfície de 0,125 material-tipo por ano (33 materiais coletados no decorrer de 120 anos). Houve algumas lacunas entre as décadas de 1910 e 1925 e entre 1970 e 1985. Também vale destacar que para os anos de 1900 à 1905 e a partir de 1985 ocorreram picos para a coleta de materiais, possivelmente associados ao começo das coletas no ambiente hipógeo (Figuras 22 e 23).

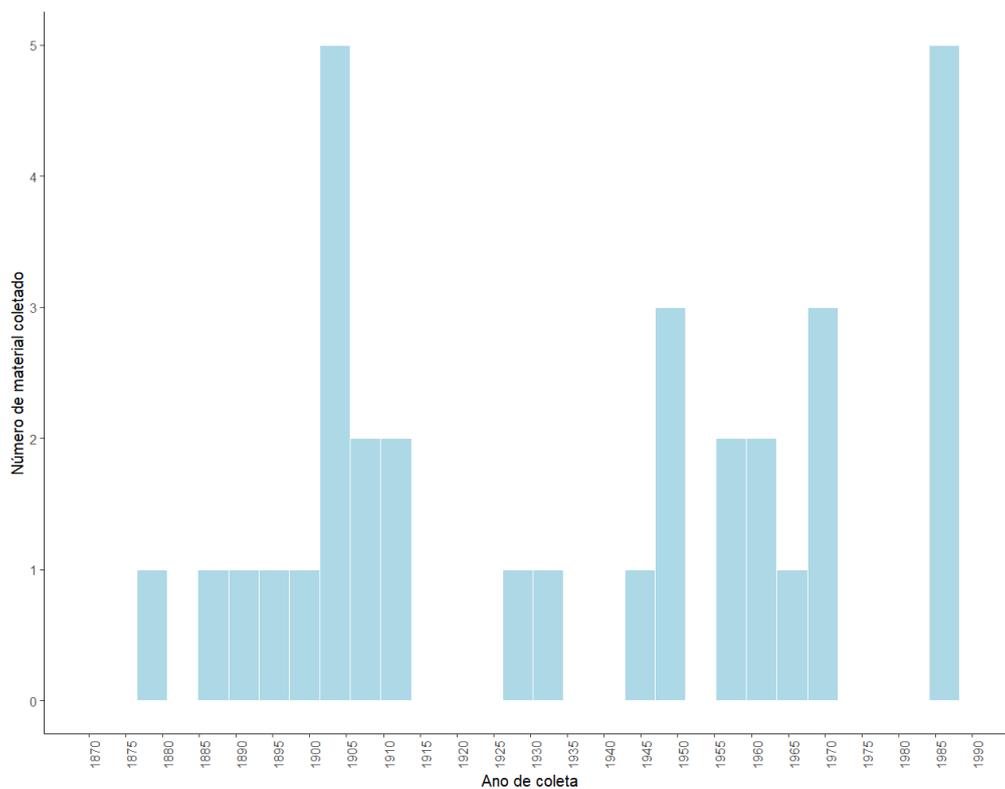


Figura 22. Temporalidade da coleta de material-tipo das espécies TFs entre o período de 1870 e 1990, utilizando um intervalo de 5 em 5 anos.

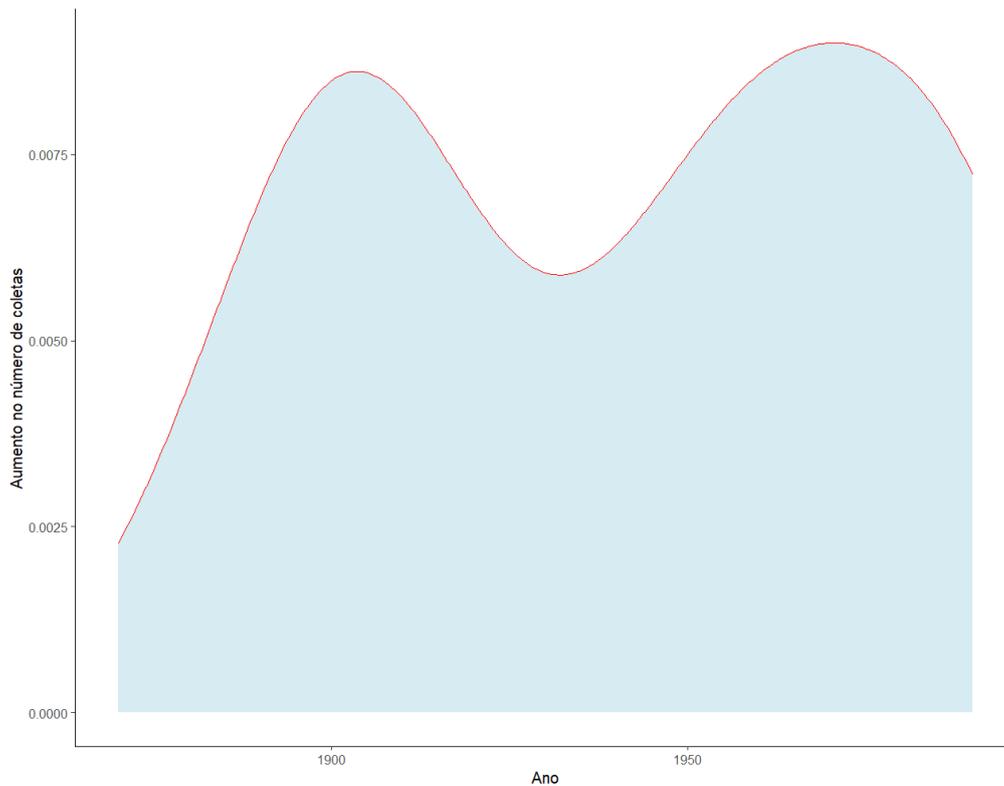


Figura 23. Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1760 e 1990.

Para o recorte entre 1990 e 2008 (ano em que ocorreu a alteração da legislação para cavernas), obteve-se um aumento na média de descrição de espécies troglófilas 0,44 descrições/ano (8 espécies em 18 anos), sendo que elas ocorreram nos anos de 1991 (três espécies), 1993 (uma espécie), 1994 (três espécies) e 2002 (uma espécie). Nos demais anos, até a mudança na legislação, não houve incremento no número de espécies troglófilas conhecidas (Figuras 24 e 25).

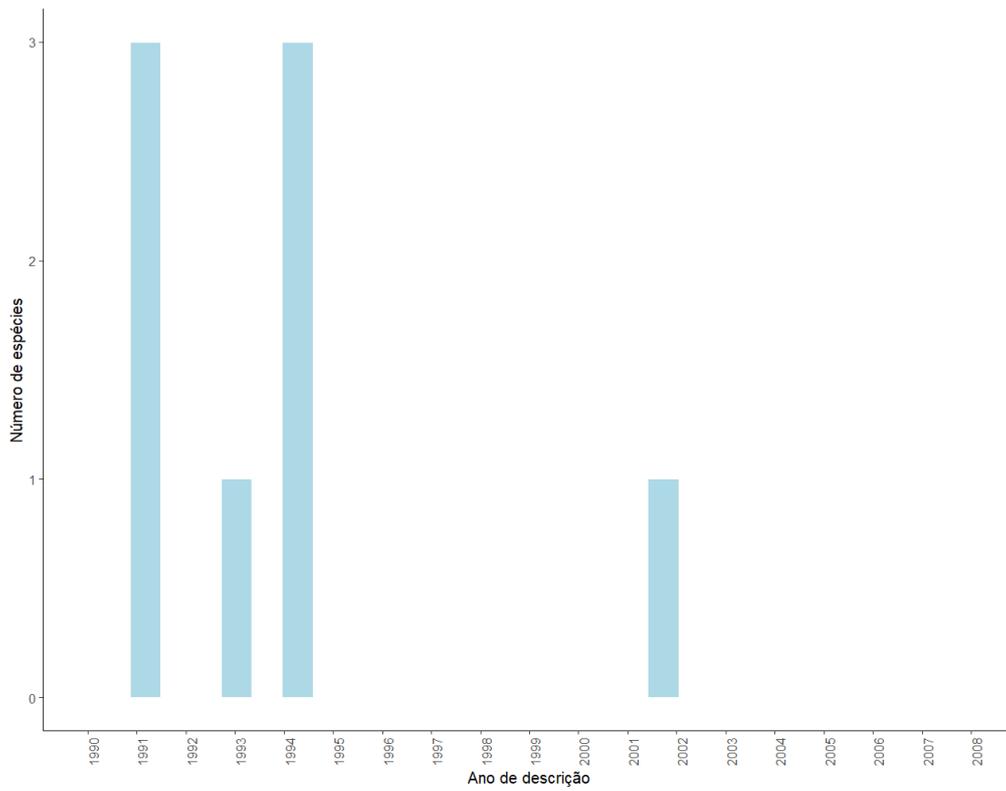


Figura 24. Temporalidade na descrição de espécies TFs entre o período de 1990 e 2008, ano a ano.

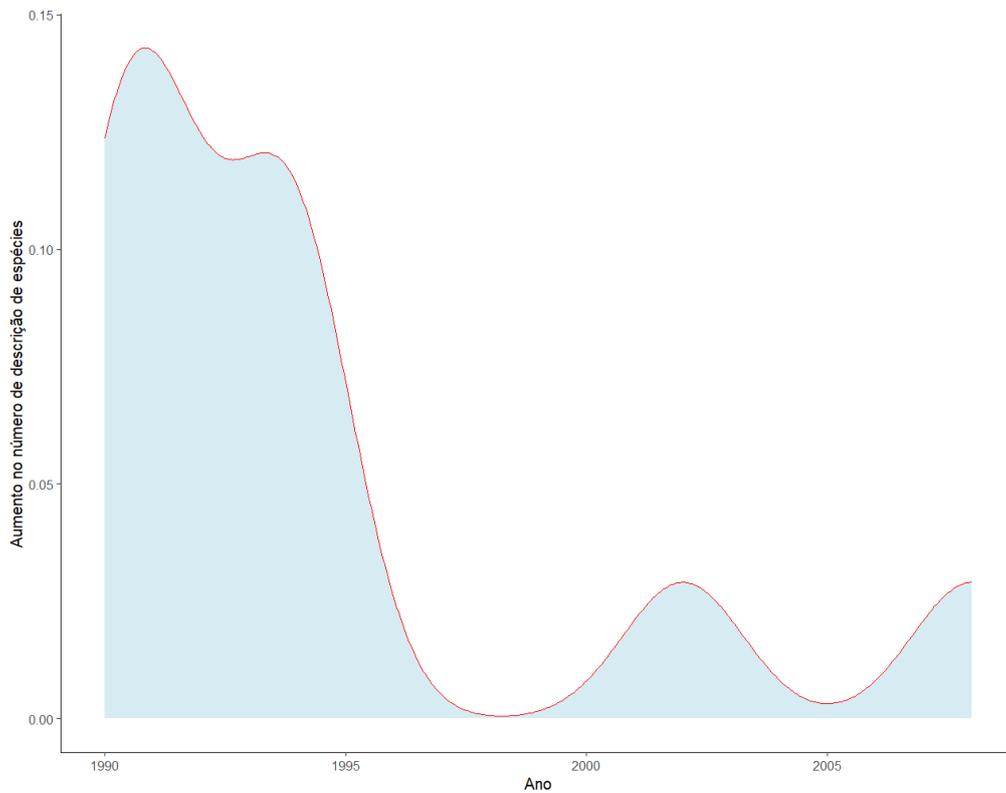


Figura 25. Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1990 e 2008.

Observando-se os registros, para esse mesmo recorte temporal, percebe-se que a média de coleta por ano também aumentou, atingindo valores médios de 0,88 material-tipo/ano (16 coletados no período de 18 anos). Também é possível constatar que houve alternâncias entre anos com um, dois e nenhum material-tipo coletado. Os anos de 2002 e 2003 foram os de maior destaque nesse período com a coleta de três holótipos/parátipos em cada um deles (Figuras 26 e 27).

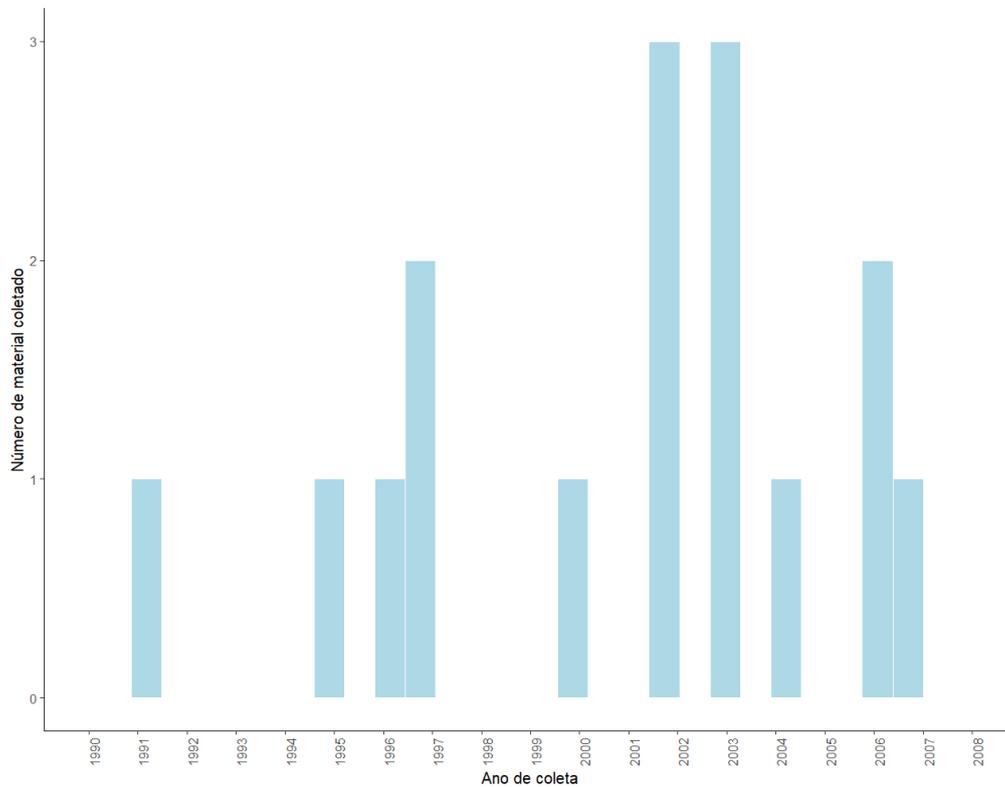


Figura 26. Temporalidade da coleta de material-tipo das espécies TFs entre o período de 1990 e 2008, ano a ano.

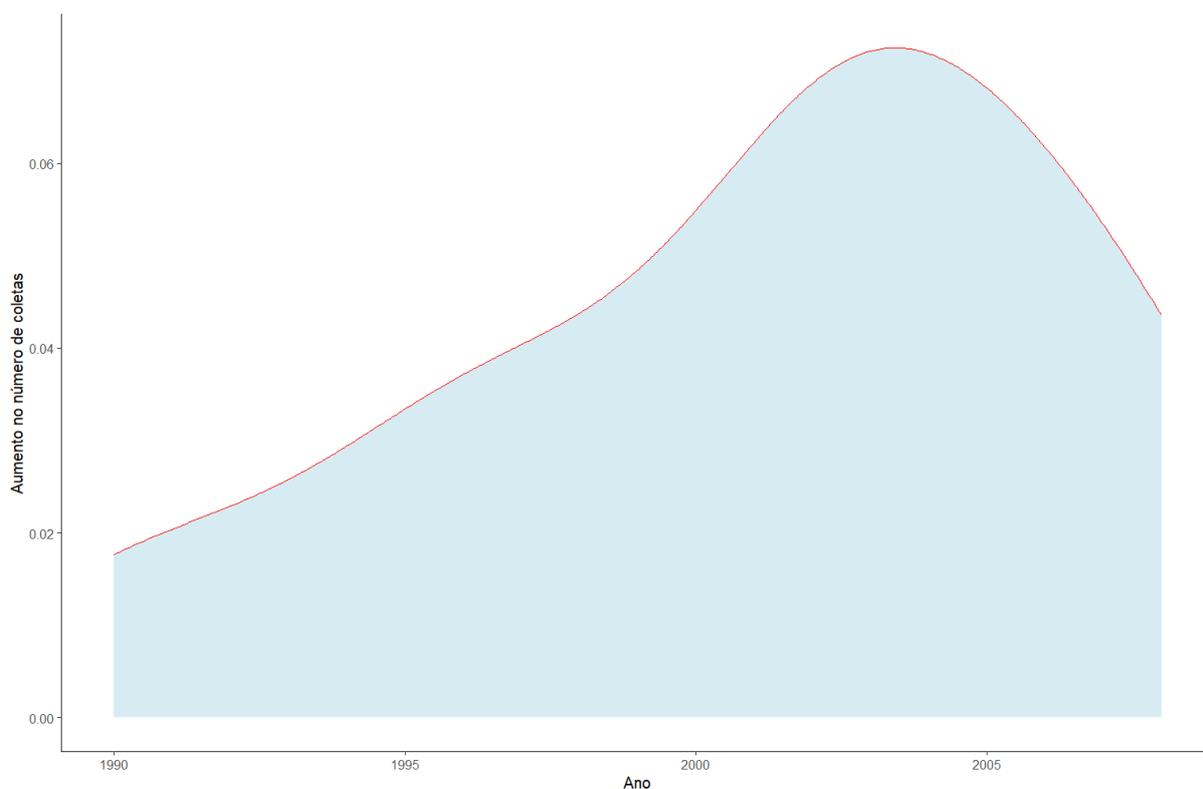


Figura 27. Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo de espécies TFs para o Brasil durante o período de 1990 e 2008.

Por fim, após a mudança na legislação, através do decreto 6.640, para pesquisa e preservação de cavernas em 2008, a média de descrições por ano aumentou drasticamente para valores de três espécies/ano (42 espécies no período de 14 anos), onde houve poucas descrições de espécies troglófilas até 2016 quando começou a ocorrer um aumento nas descrições, e somente em 2020 (12 anos após a mudança) houve um incremento nas descrições (11 espécies), que se manteve em alta também em 2021 (11 espécies). Em 2022 houve apenas duas descrições, de uma aranha da Família Ctenidae e um grilo da Família Phalangopsidae (Figuras 28 e 29).

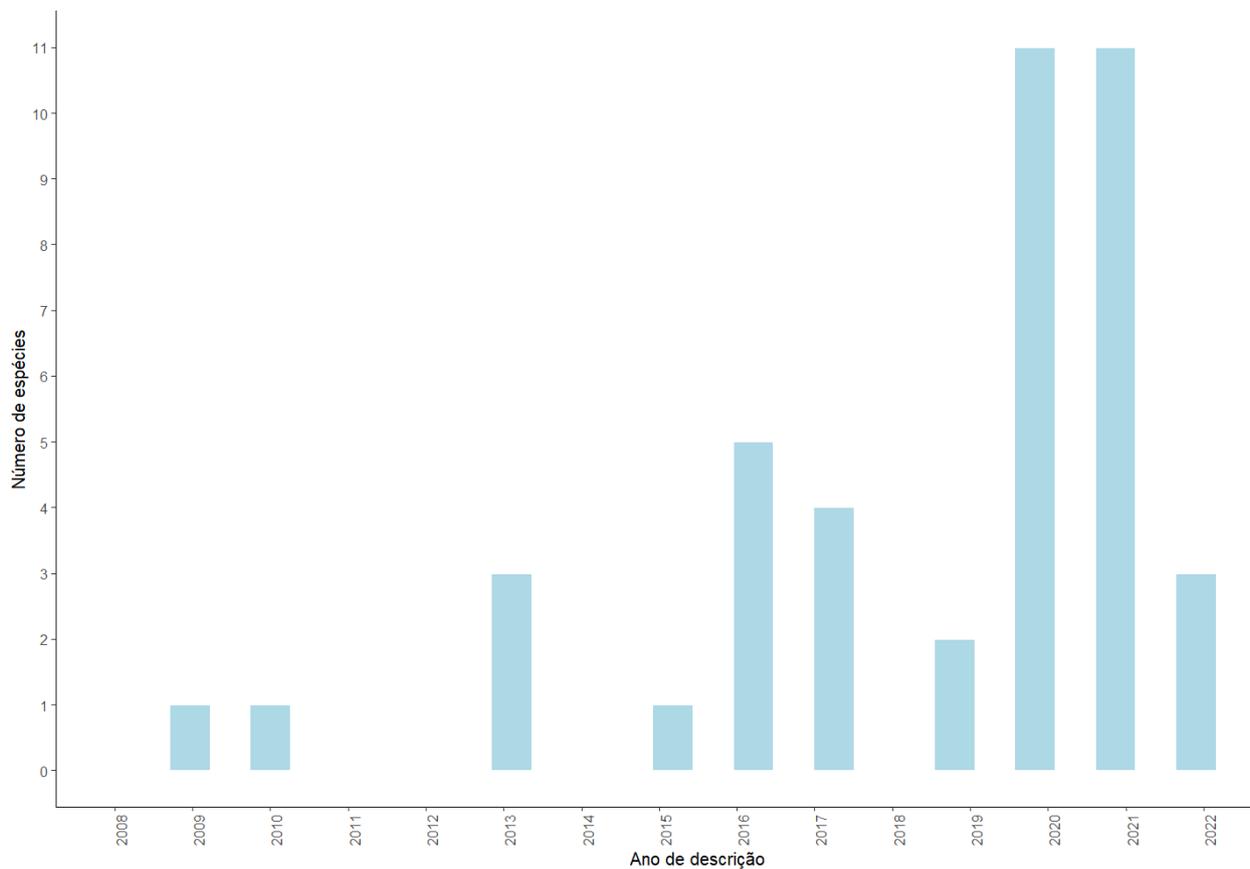


Figura 28. Temporalidade na descrição de espécies TFs entre o período de 2008 e 2022, ano a ano.

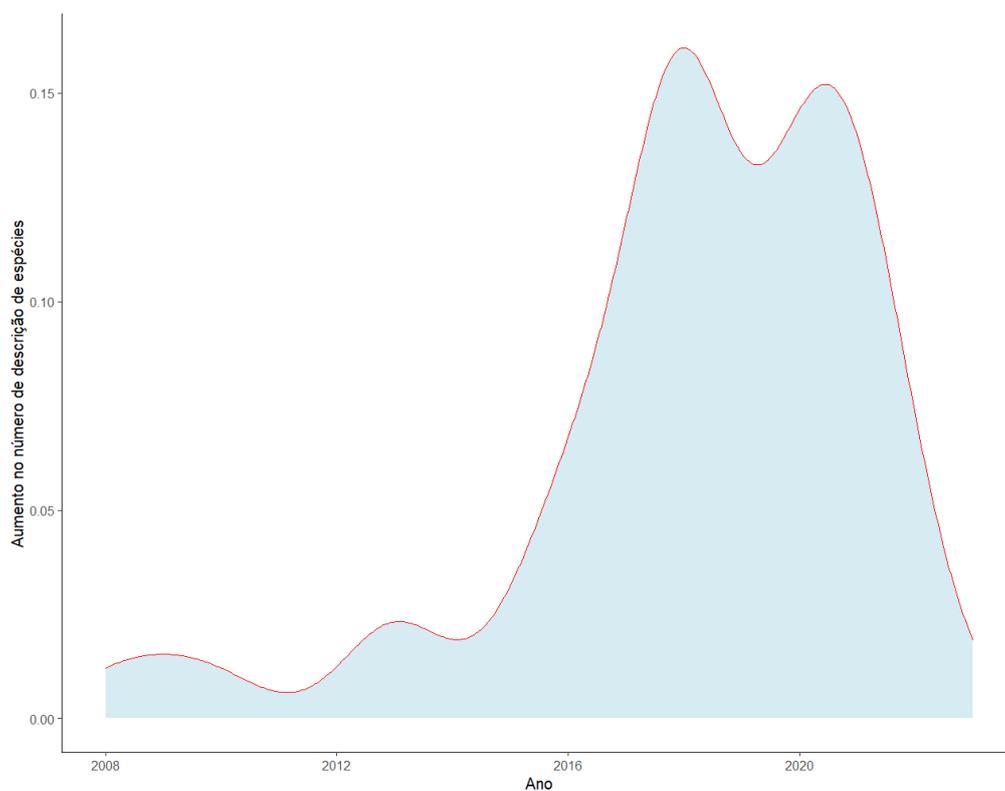


Figura 29. Gráfico representando a evolução da descrição de espécies TFs para o Brasil durante o período de 2008 e 2022.

Para a coleta de material-tipo neste mesmo período (Figuras 30 e 31), registrou-se também um grande aumento na média de coletas para 5,4 materiais/ano (76 coletados no período de 14 anos), com maiores valores principalmente no período de 2009 a 2016 e decaimento dos registros a partir de 2017. O ano com maior volume de material-tipo coletado foi do de 2012 com um total de 12 (holótipos/parátipos) registrados em descrições posteriores (entre os anos de 2018 e 2020).

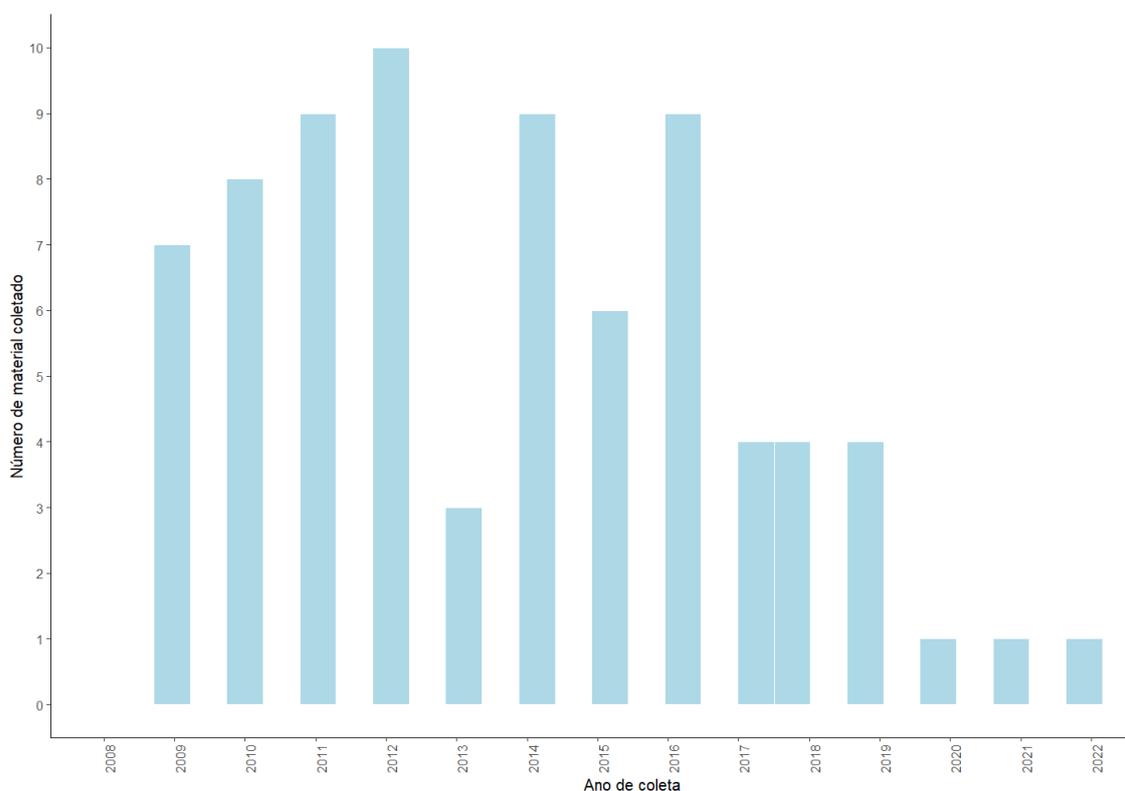


Figura 30. Temporalidade da coleta de materiais-tipo das espécies TFs entre o período de 2008 e 2022, ano a ano.

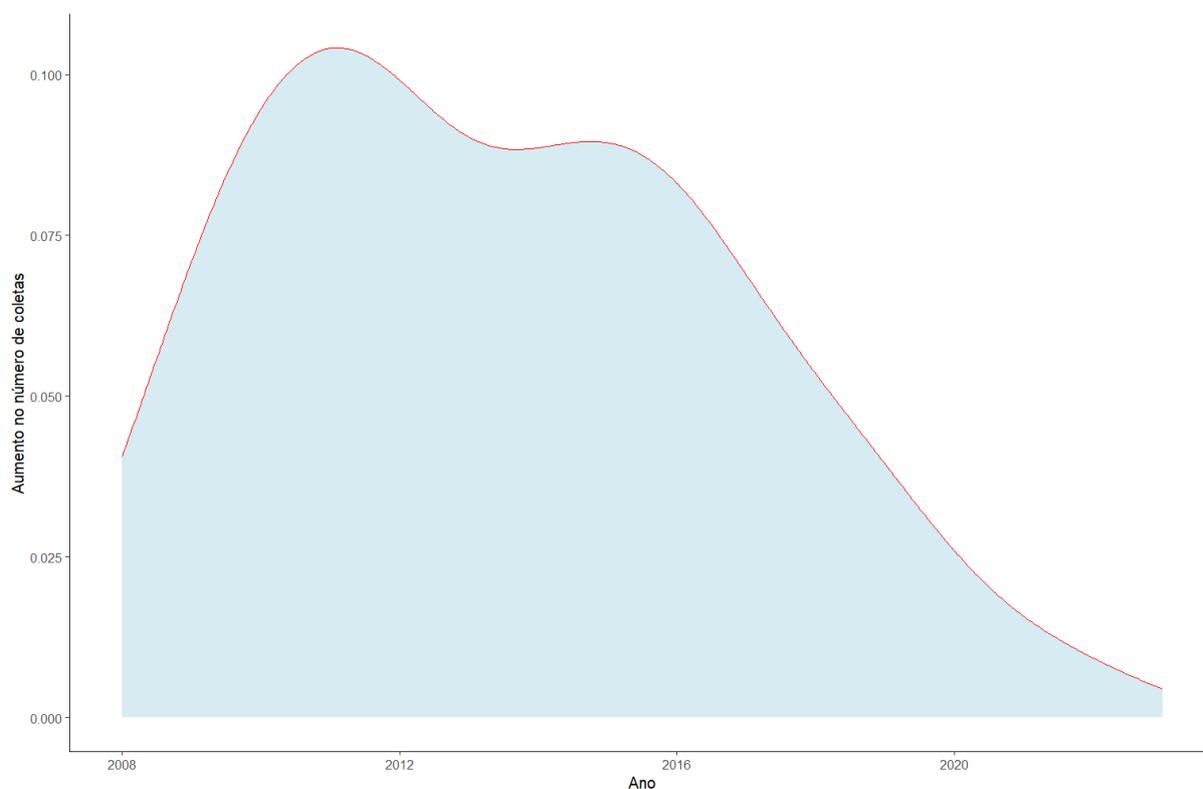


Figura 31. Gráfico representando a evolução nas coletas de material-tipo de espécies TFs para o Brasil durante o período de 2008 e 2022.

4.3. Distribuição dos Troglófilos e o *Shortfall* Wallaceano

4.3.1. Divisão Política

As espécies troglófilas brasileiras que foram formalmente descritas encontram-se distribuídas em 14 estados federativos do país (Figura 32), aproximadamente 51,8 % do total, apresentando maior concentração na região sudeste, principalmente nos estados de Minas Gerais (64 espécies) e São Paulo (41 espécies). Em contrapartida, não existe até o momento nenhum registro, nas publicações reunidas, para os estados do Acre, Alagoas, Amapá, Ceará, Distrito Federal, Maranhão, Paraíba, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima e Tocantins.

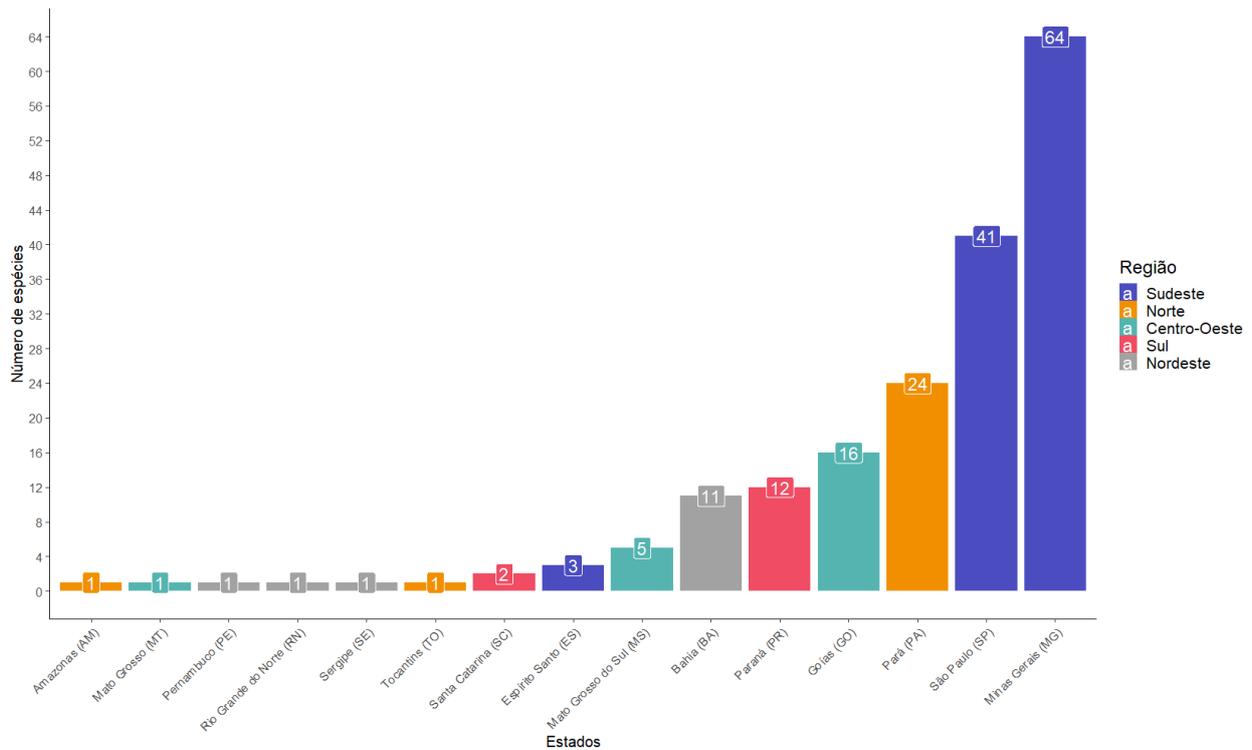


Figura 32. Distribuição das espécies TFs nos estados federativos do Brasil e suas respectivas regiões.

Apesar das espécies troglófilas encontrarem-se em todas as regiões do país, existe uma discrepância quanto ao número de registros, onde algumas regiões como sudeste e norte (principalmente por conta dos empreendimentos minerários do estado do Pará, que será discutido no tópico 5.3) possuem boa amostragem e registros, enquanto outras como as regiões nordeste e sul são pobres quanto ao conhecimento de troglófilos, como pode ser observado na Figura 33.

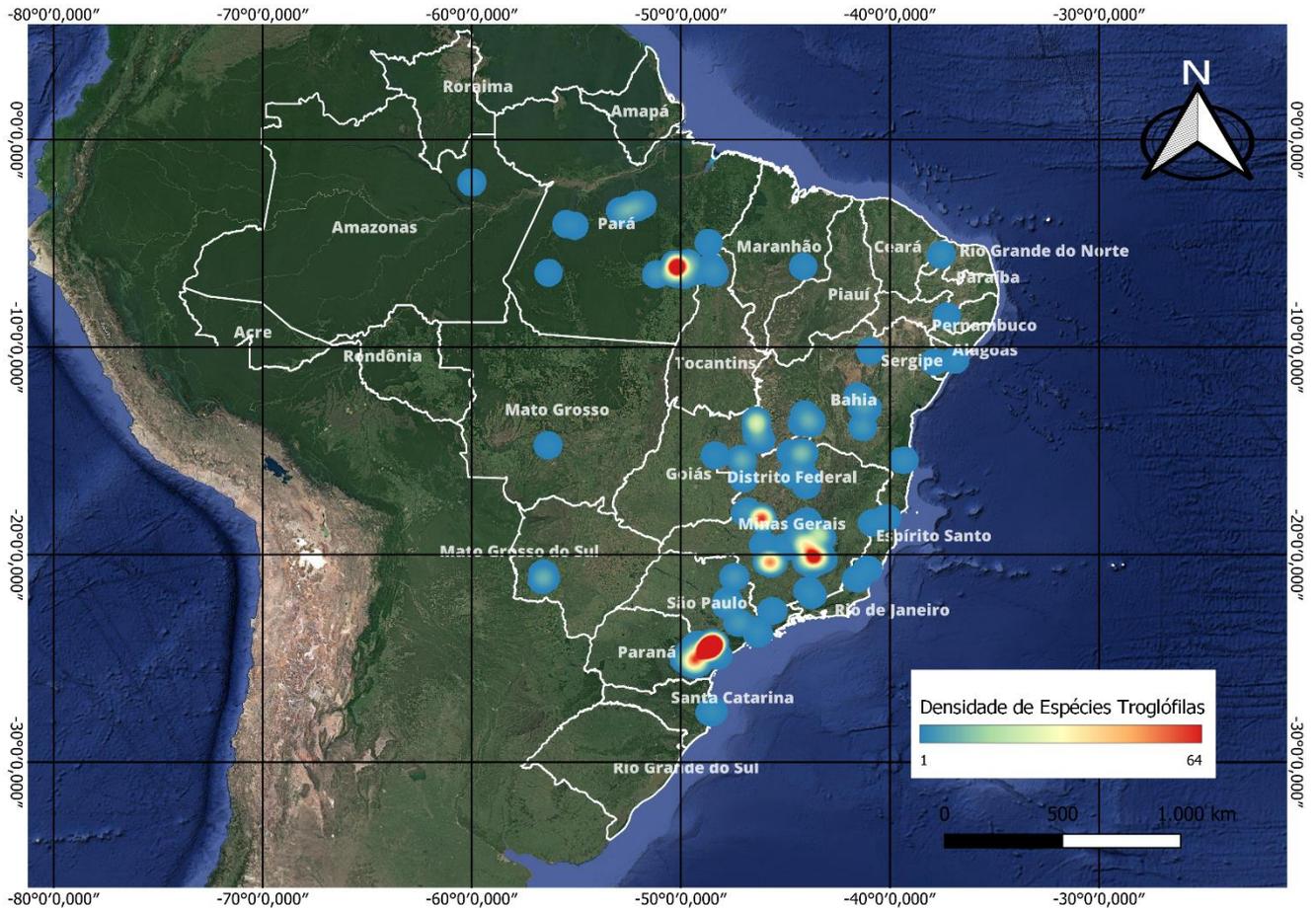


Figura 33. Mapa de calor para as espécies TFs brasileiras nos estados federativos do Brasil.

4.3.2. Divisão Biogeográfica

Quanto às divisões biogeográficas, as espécies de troglófilos podem ser encontradas em oito das 14 Províncias propostas por Morrone (2014) para a região do Brasil, não existindo registro delas para a Província das Planícies Guianas, Província Pantepui, Província Imerí, Província do Madeira, Província de Rondônia e a Província Pampeana. As maiores concentrações de espécies encontram-se no Domínio Paranaense, principalmente na região Sudeste do país referente ao Vale do Alto do Ribeira, na divisa entre as Províncias da Floresta do Paraná, Província Atlântica e Província de Floresta de Araucária. Com destaques também para região central da Província da Floresta do Paraná, próxima do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais, e para as Províncias do Cerrado no Domínio Chacoano e Xingu-Tapajós, inserida no Domínio do Sudeste Amazônico e que compreende a região de exploração mineral de Carajás no Pará (Figura 34).

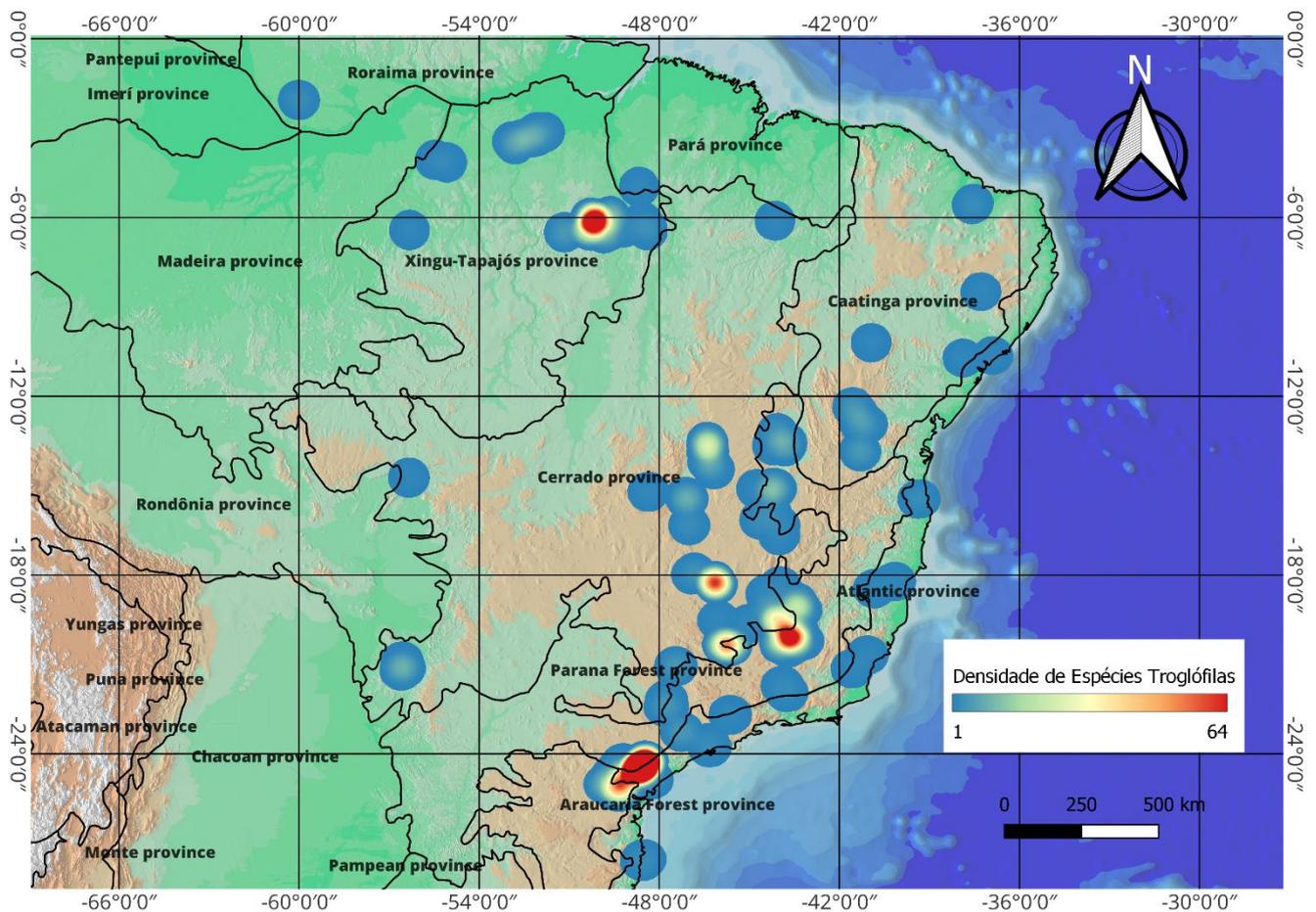


Figura 34. Mapa de calor para as espécies TFs brasileiras nas Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Ao analisar-se a distribuição das espécies dividindo em Classes, registrou-se que, para a Classe Rhabditophora, que são vermes achatados do grupo dos platelmintos, as espécies troglófilas encontram-se todas na Sub-região Cachoana, distribuídas entre as Províncias do Cerrado (duas espécies: *Girardia pierremartini* Souza & Leal-Zanchet, 2016 e *Girardia asymmetrica* Hellman & Leal-Zanchet, 2020) pertencente ao Domínio Chacoano, Província da Floresta do Paraná (duas espécies: *Difroehlichia elenae* Leal-Zanchet & Marques, 2018 e *Girardia ibitipoca* Hellman & Leal-Zanchet, 2020) dentro do Domínio Paranaense e na Província de Xingu-Tapajós (*Girardia paramensis* Fuhrmann, 1912) no Domínio do Sudeste Amazônico (Figura 35).

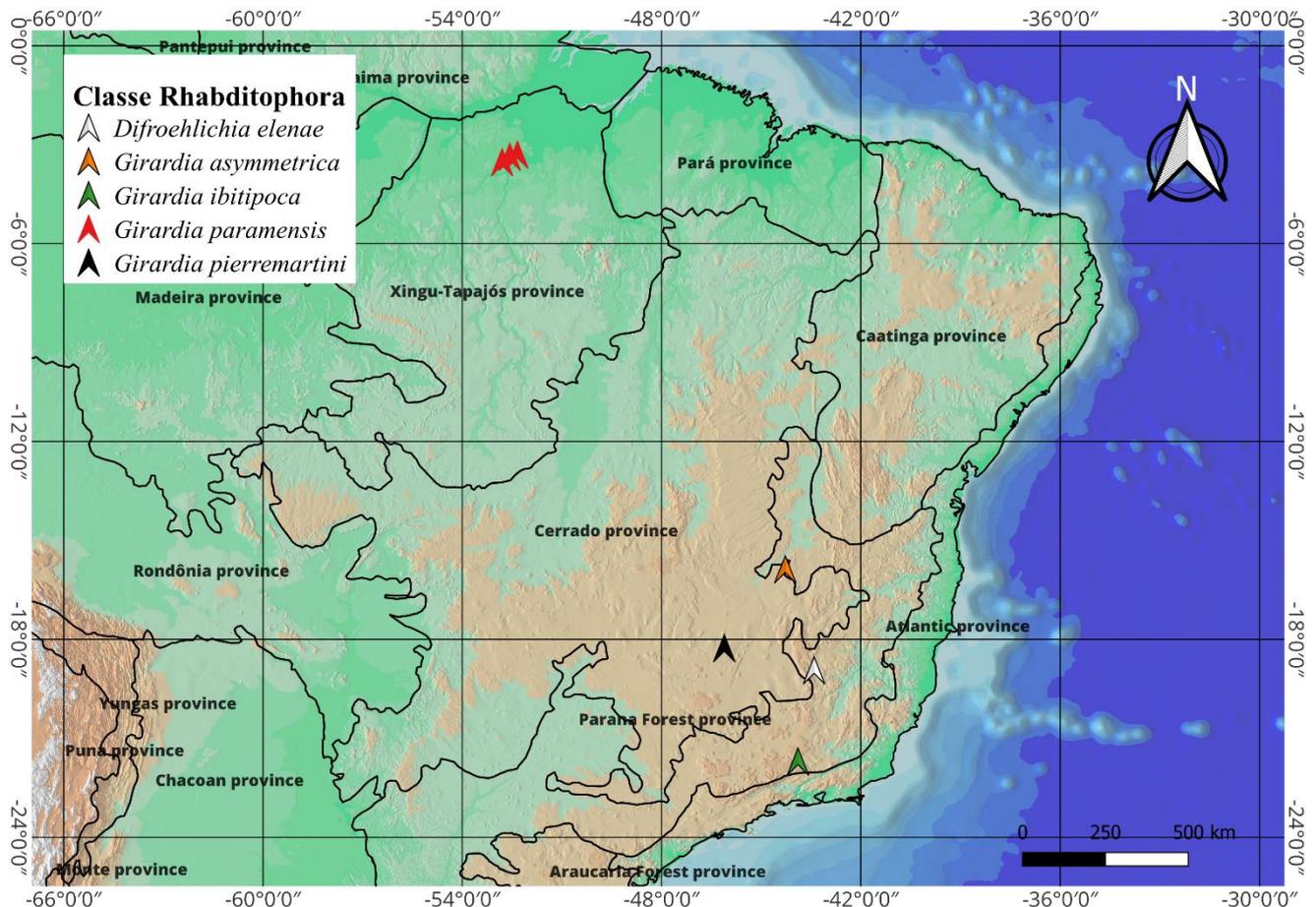


Figura 35. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Rhabditophora nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Classe Gastropoda, que são os moluscos de conchas espiraladas, as espécies encontram-se em sua maioria na Província do Cerrado, são elas *Happia vitrina* (J. A. Wagner, 1827); *Allopeas micra* (d'Orbigny, 1835); *Pseudoguppya semenlini* (Moricand, 1846); *Leptinaria unilamellata concentrica* (Reeve, 1849); *Euconulus martinezi* (Hidalgo, 1869); *Scolodonta interrupta* (Suter, 1900); *Alcadia iheringi* A. J. Wagner, 1911; e *Dysopeas muibum* Marcus & Marcus, 1968. A exceção é a espécie *Potamolithus karsticus* Simone & Moracchioli, 1994 que ocorre na Província da Floresta do Paraná, na região referente ao Vale do Ribeira no Sudeste. Além disso, muitas espécies coocorrem numa mesma cavidade e/ou em cavidades que se encontram próximas (Figuras 36A e 36B).

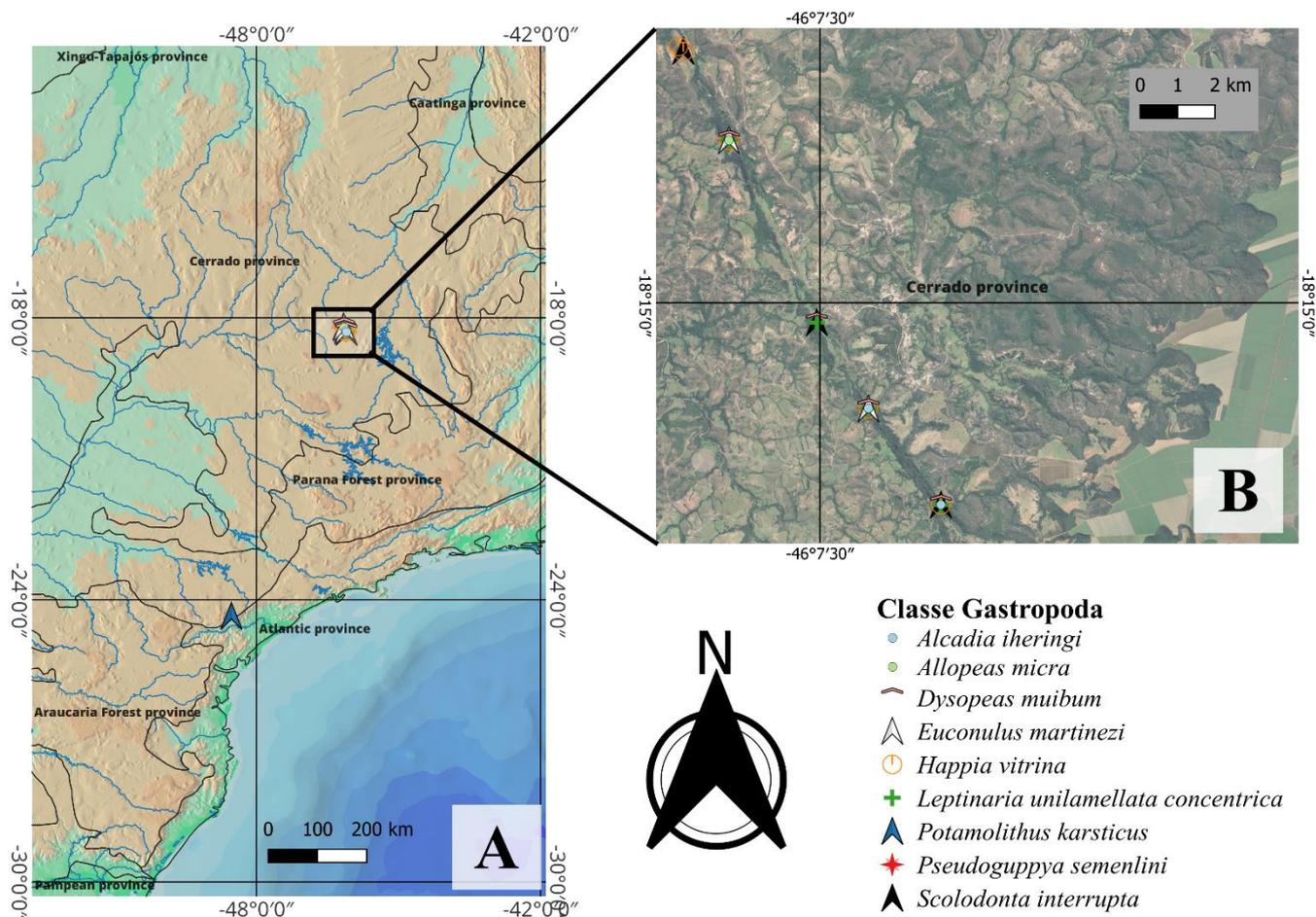


Figura 36A e 36B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Gastropoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

A Classe Clitellata, grupo dos anelídeos ou vermes cilíndricos, possui maior concentração de espécies no Domínio Paranaense, principalmente na divisa entre a Província da Floresta do Paraná e a Província Atlântica no sudeste do país, com sete espécies: *Pontoscolex corethrurus* (Muller, 1856); *Fridericia bulbosa* (Rosa, 1887); *Amyntas hawayanus* (Rosa, 1891); *Amyntas morrisoni* (Beddard, 1892); *Pristina (Pristina) proboscidea* Beddard, 1896; *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen, 1918; e *Guaranidrilus mboi* Righi, 1975. Além disso, possui duas espécies, *P. corethrurus* e *Dichogaster gracilis* (Michaelsen, 1892), ocorrem também na Província do Cerrado, dentro do Domínio Chacoano (Figuras 37A e 37B).

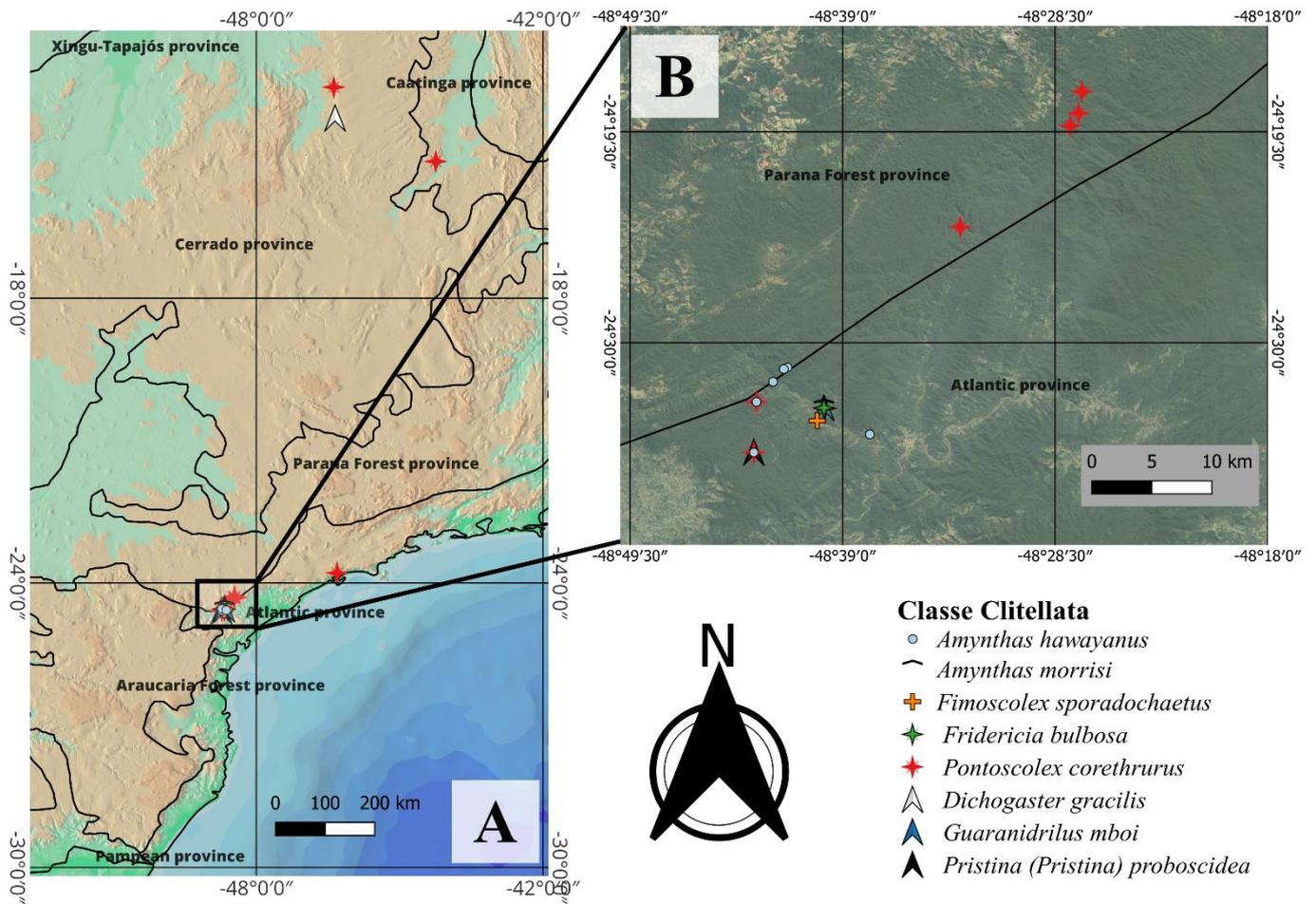


Figura 37A e 37B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Clitellata nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Subclasse Acari, as únicas duas espécies formalmente descritas e possivelmente TFs (pertencentes à Ordem Mesostigmata), *Uroseius subterraneus* Conceição & Repato, 2021 e *Oplitis apicalis* Lopes, Oliveira, Delabie e Klompen, 2015, encontram-se apenas na Província da Floresta do Paraná, não existindo mais nenhum outro registro para as demais Províncias, Domínios ou sub-regiões (Figura 38).

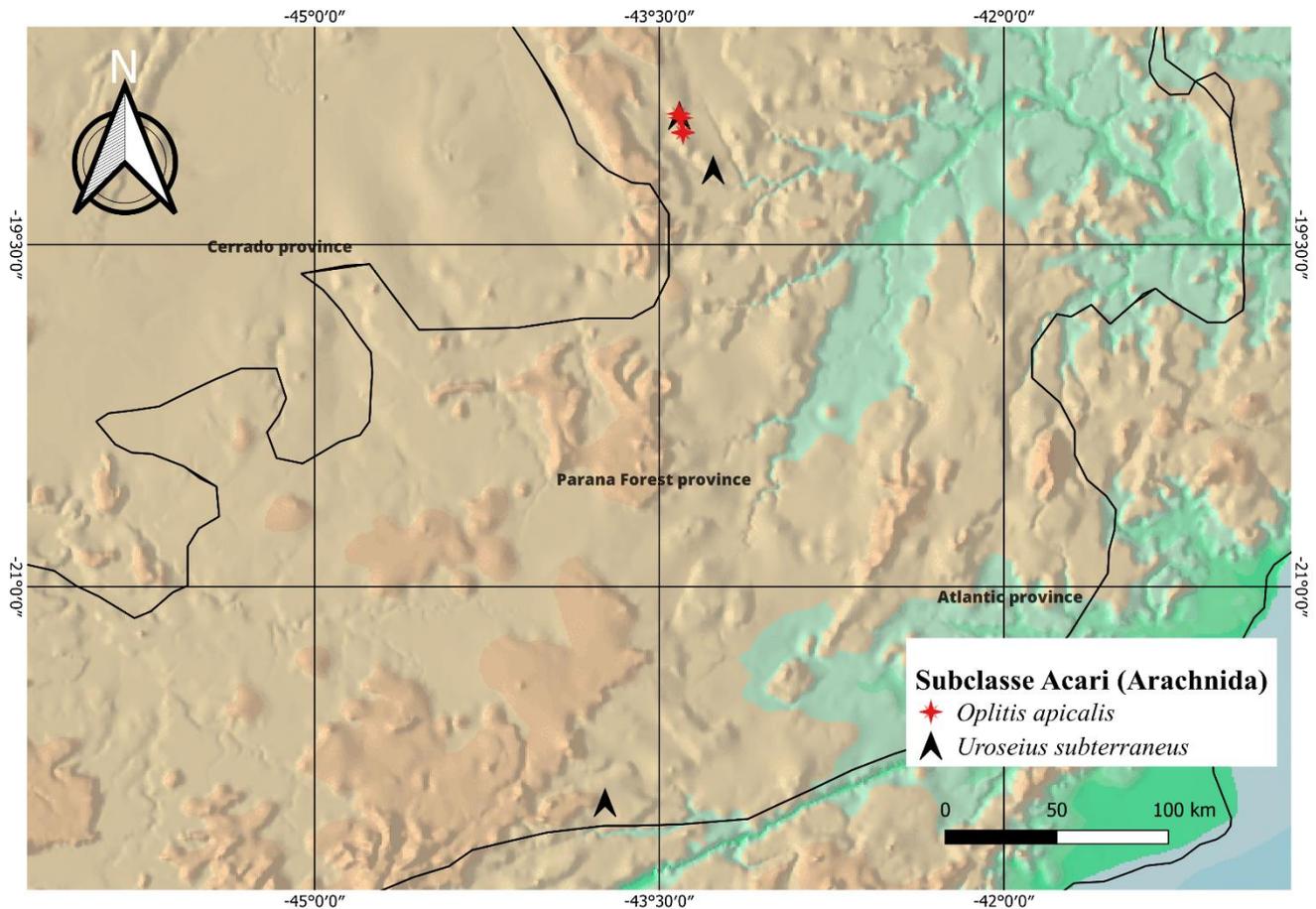


Figura 38. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Acari nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

A Ordem Araneae, foi dividida ao nível de Família para os mapas de distribuição de espécies, visto que está é a Ordem que possui maior número de representantes dentro dos troglófilos. As espécies de aranhas ocorrem em praticamente todas as Províncias que possuem registro de espécies TFs (Figura 39), com exceção da Província de Roraima do Domínio Sul Brasileiro. Suas maiores concentrações estão também na Província da Floresta do Paraná, Província Atlântica, Província do Cerrado e Província Xingu-Tapajós.

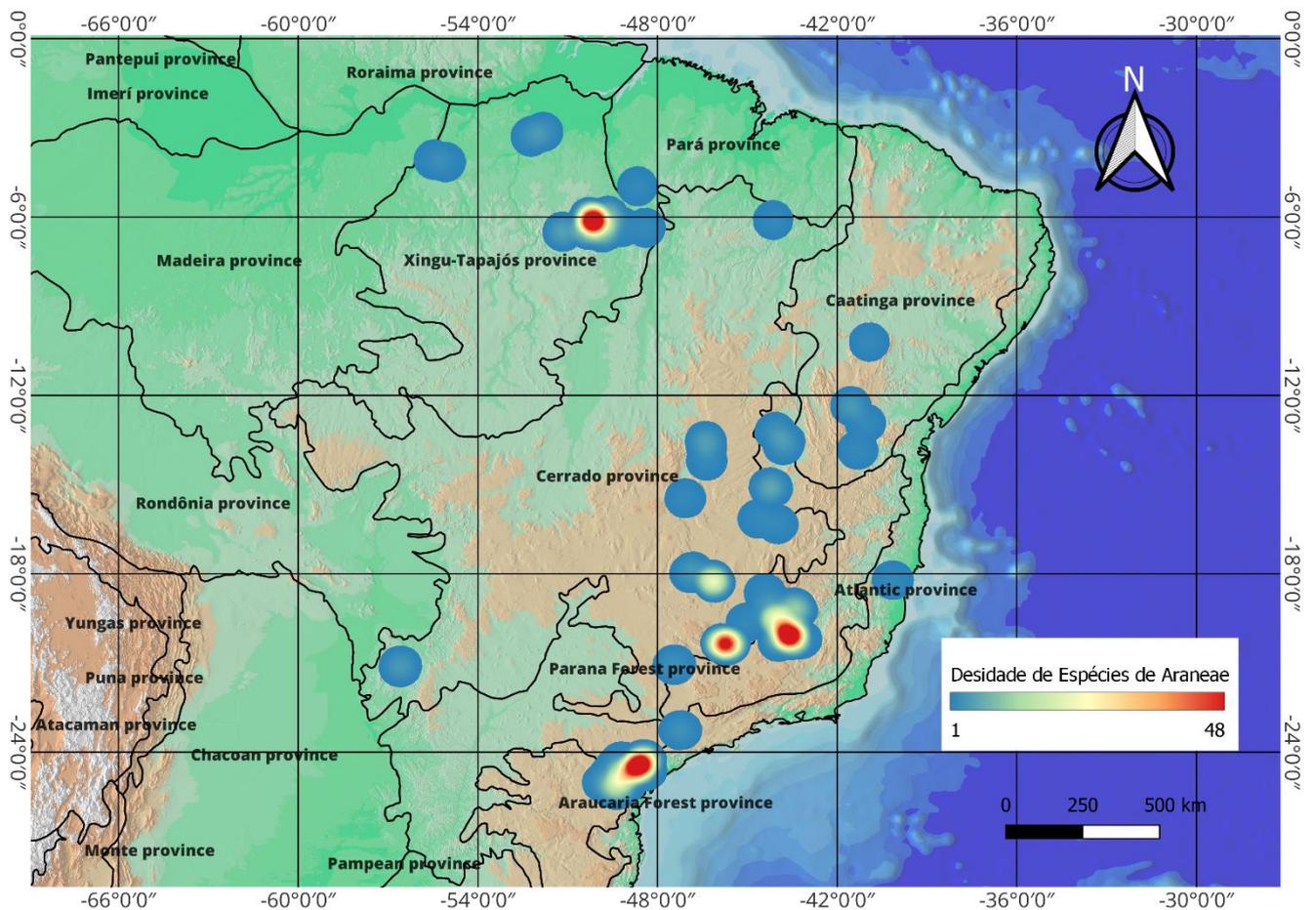


Figura 39. Mapa de calor para as espécies TFs de aranhas (Ordem Araneae) brasileiras nas Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Família Sicariidae (representada pelas aranhas-marrons, Figura 40 à direita), há registros na Província do Cerrado, com três espécies: *Loxosceles variegata* Simon, 1897; *Loxosceles similis* Moenkhaus, 1898; e *Loxosceles gauch* Gertsch, 1967. No norte da Província da Floresta do Paraná, com cinco espécies: *L. similis*; *Loxosceles karstica* Bertani, von Schimonsky & Gallão, 2018; *Loxosceles carinhanha* Bertani, von Schimonsky & Gallão, 2018; *Loxosceles cardosoi* Bertani, von Schimonsky & Gallão, 2018; e *Loxosceles ericsoni* Bertani, von Schimonsky & Gallão, 2018. No norte da Província Atlântica (*L. similis*) e na região sudeste do país nas divisas entre as Províncias da Floresta do Paraná, Floresta de Araucária e Atlântica (duas espécies: *L. gauch* e *Loxosceles adelaida* Gertsch, 1967), como observado na Figura 41.



Figura 40. Exemplos de uma aranha da Família Pholcidae e uma aranha-marrom (Família Sicariidae, Gênero *Loxosceles*), respectivamente. Fotografias: Maria Elina Bichuette.

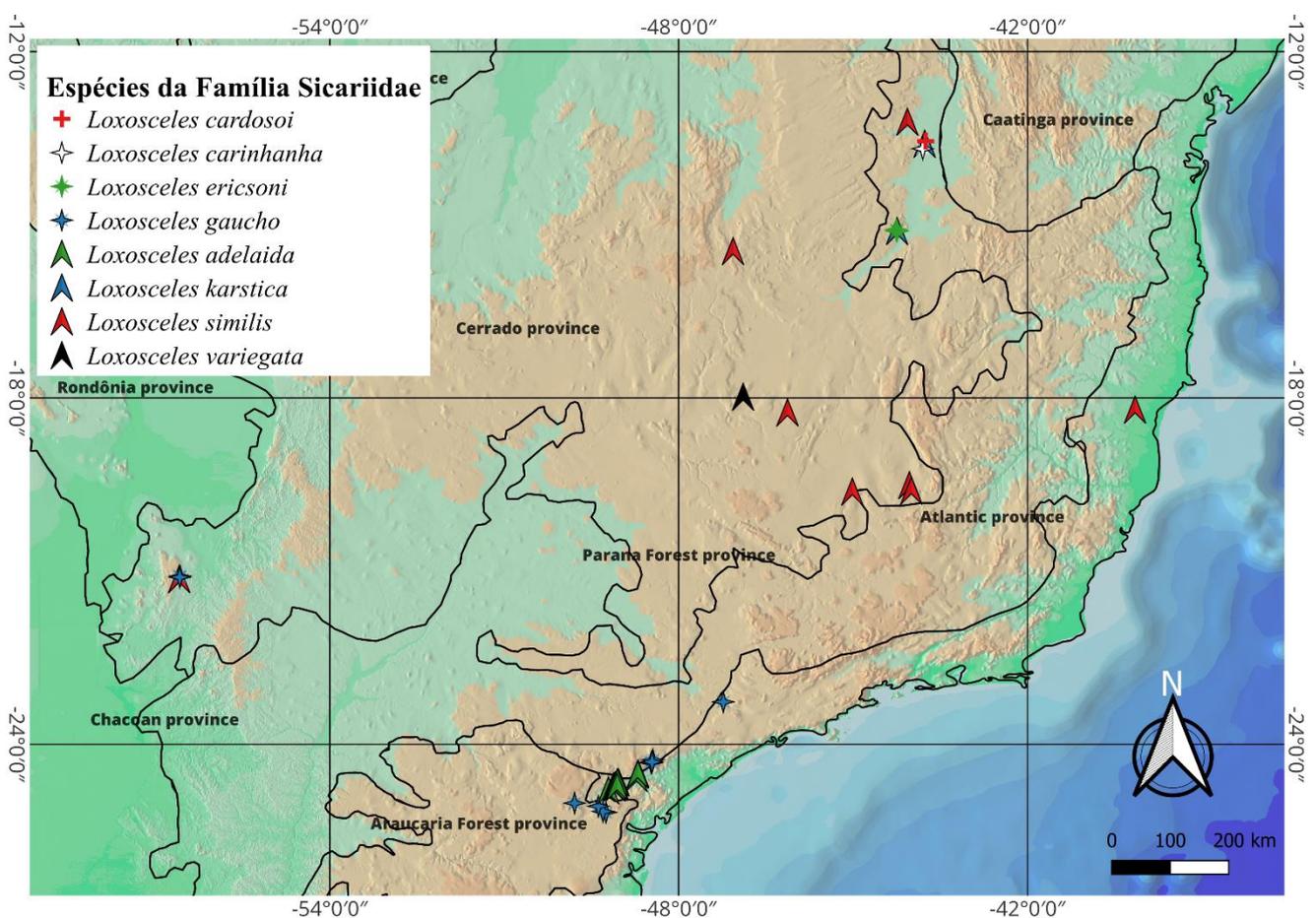


Figura 41. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Sicariidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Família Theridiidae, a distribuição se dá na Província da Caatinga, com *Nesticodes rufipes* (Lucas, 1846), e Província do Cerrado, com quatro espécies: *N. rufipes*; *Latrodectus geometricus* C. L. Koch, 1841; *Cryptachaea parana* (Levi, 1963); e *Dipoena santaritadopassaquatrensis* Rodrigues, 2013; ambas Províncias estão inseridas no Domínio Chacoano. Além disso, existem representantes na Província da Floresta do Paraná (duas espécies: *N. rufipes* e *Theridion bergi* Levi, 1963) e na Província Atlântica (*T. bergi*), ambas do Domínio Paranaense (Figura 42).

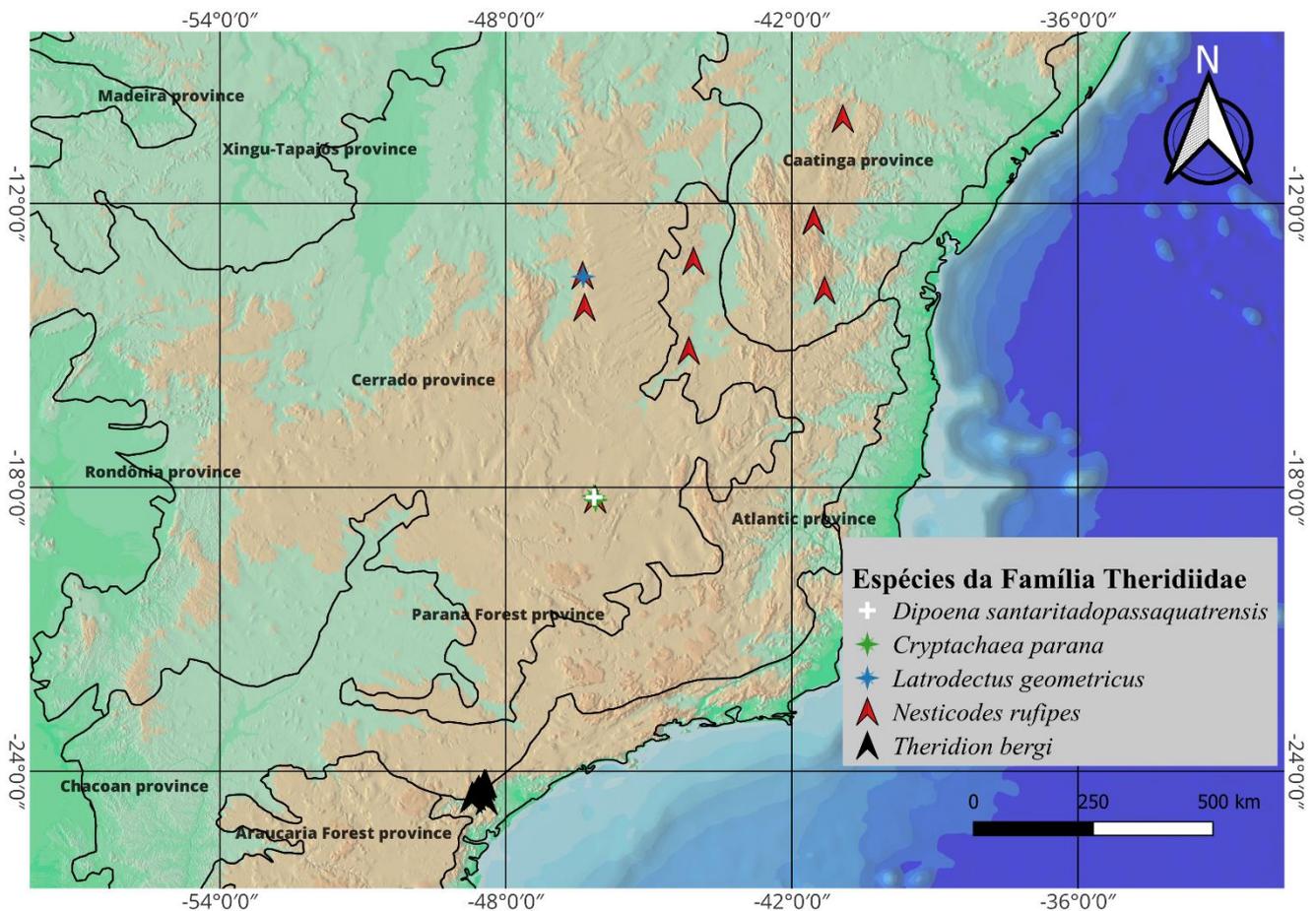


Figura 42. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Theridiidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Família Theridiosomatidae, uma espécie (*Plato ferriferus* Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018) ocorre na Província Xingu-Tapajós e na Província do Pará (Domínio Boreal Brasileiro), três espécies (*Plato striatus* Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018; *Plato novalima* Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018; e *Cuacuba mariana* Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018) ocorrem na Província do Cerrado, três espécies (*P. novalima*, *C. mariana* e *Cuacuba morrodopilar* Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018) ocorrem na Província da Floresta do Paraná e a espécie *Cuacuba ribeira* Prete & Brescovit, 2020 só ocorre na região do Vale do Ribeira,

na divisa entre as Províncias da Floresta de Araucária, da Floresta do Paraná e a Província Atlântica (Figuras 43A e 43B).

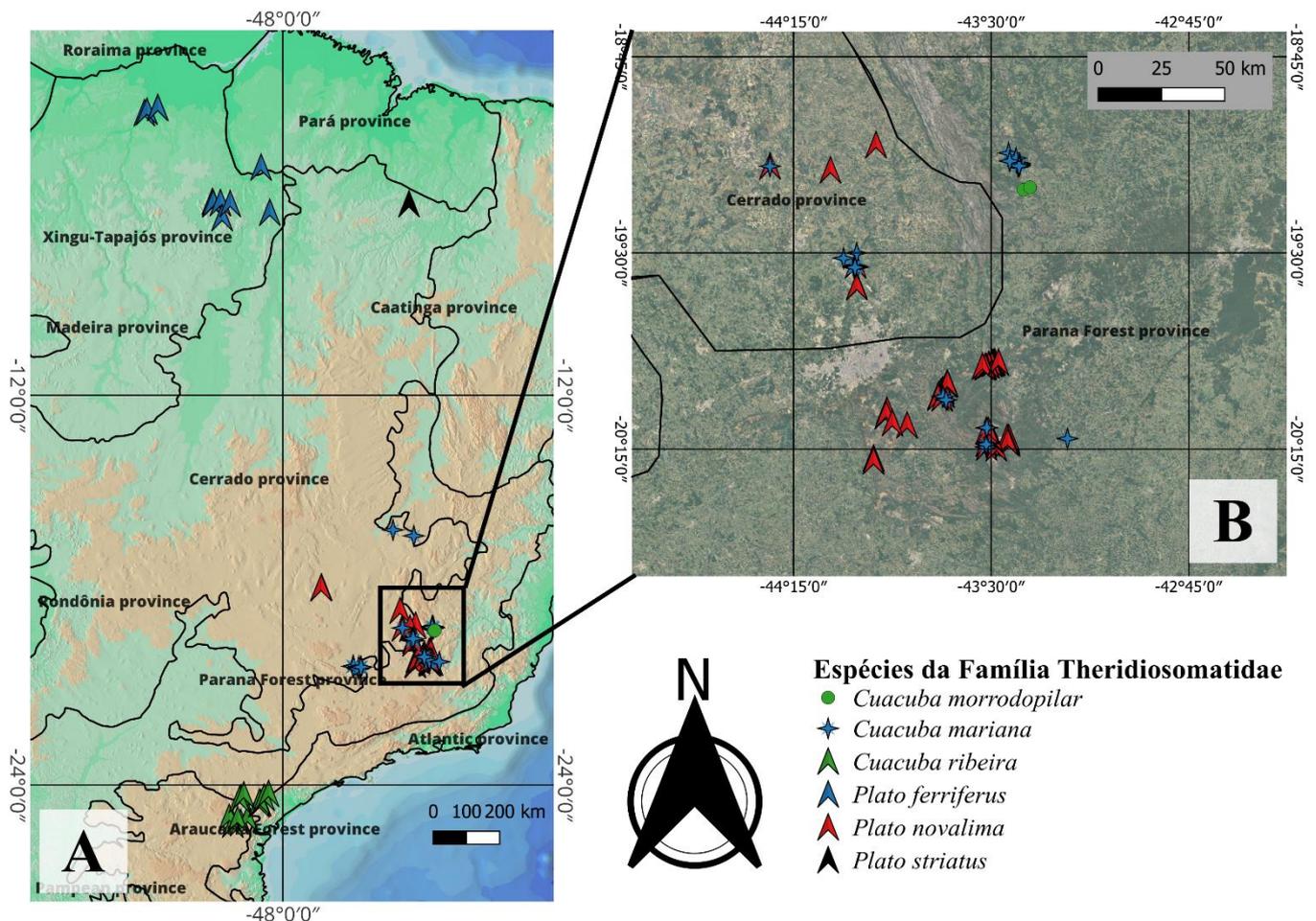


Figura 43A e 43B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Theridiosomatidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a espécie *Plato feriferus* Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018 foram plotadas coordenadas apenas das cavidades dos material-tipo e dos municípios de sua ocorrência, visto que a mesma ocorre em mais 541 cavidades de Parauapebas-PA, 265 cavidades de Canaã dos Carajás-PA, 53 cavidades de Curionópolis-PA, 2 cavidades de Altamira-PA, 2 cavidades de Vitória do Xingu-PA e 3 cavidades de São Geraldo do Araguaia-PA (ver. Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018).

Para a Família Ctenidae, há ocorrência na Província Xingu-Tapajós (*Parabatinga danielae* Brescovit, Cizauskas & Polotow, 2022), na Província do Cerrado, com três espécies: *Ancylometes concolor* (Perty, 1833); *Enoploctenus cyclothorax* (Bertkau, 1880); e *Isoctenus griseolus* (Mello-Leitão, 1936); na Província Atlântica há a ocorrência de uma espécie (*E. cyclothorax*), como observado na Figura 44. Além disso a espécie *Ctenus fasciatus* Mello-Leitão, 1943 considerada por muitos autores um dos organismos modelos da classificação dos TFs, tem distribuição semelhante à *Cuacuba ribeira* na região que abrange as três

Províncias biogeográficas que formam o Vale do Alto do Ribeira, estando registrada, até o momento, em 67 cavidades da região.

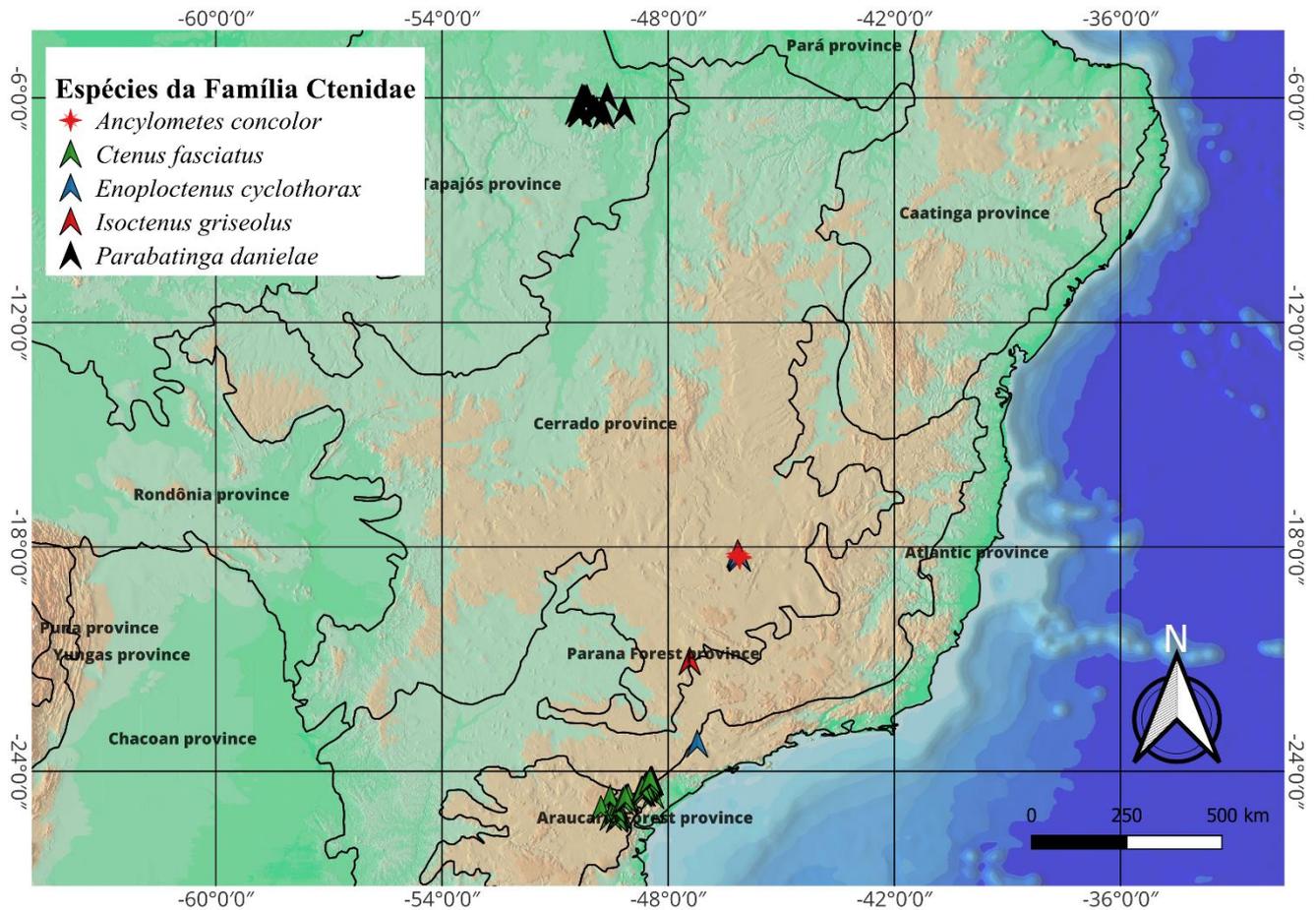


Figura 44. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Ctenidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Família Ochyroceratidae, apenas duas espécies, *Ochyrocera magali* Brescovit, Zampaulo, Pedroso & Cizauskas, 2021 e *Ochyrocera monica* Brescovit, Zampaulo, Pedroso & Cizauskas, 2021 ocorrem na Província da Floresta do Paraná no Domínio Paranaense, as demais estão distribuídas na Província Xingu-Tapajós dentro do Domínio do Sudeste Amazônico, sendo sete espécies registradas (Figuras 45A e 45B): *Ochyrocera varys* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018; *Ochyrocera atlachnacha* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018; *Ochyrocera laracna* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018; *Ochyrocera aragogue* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018; *Ochyrocera misspider* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018; *Ochyrocera charlotte* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018; e *Ochyrocera ungoliant* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018.

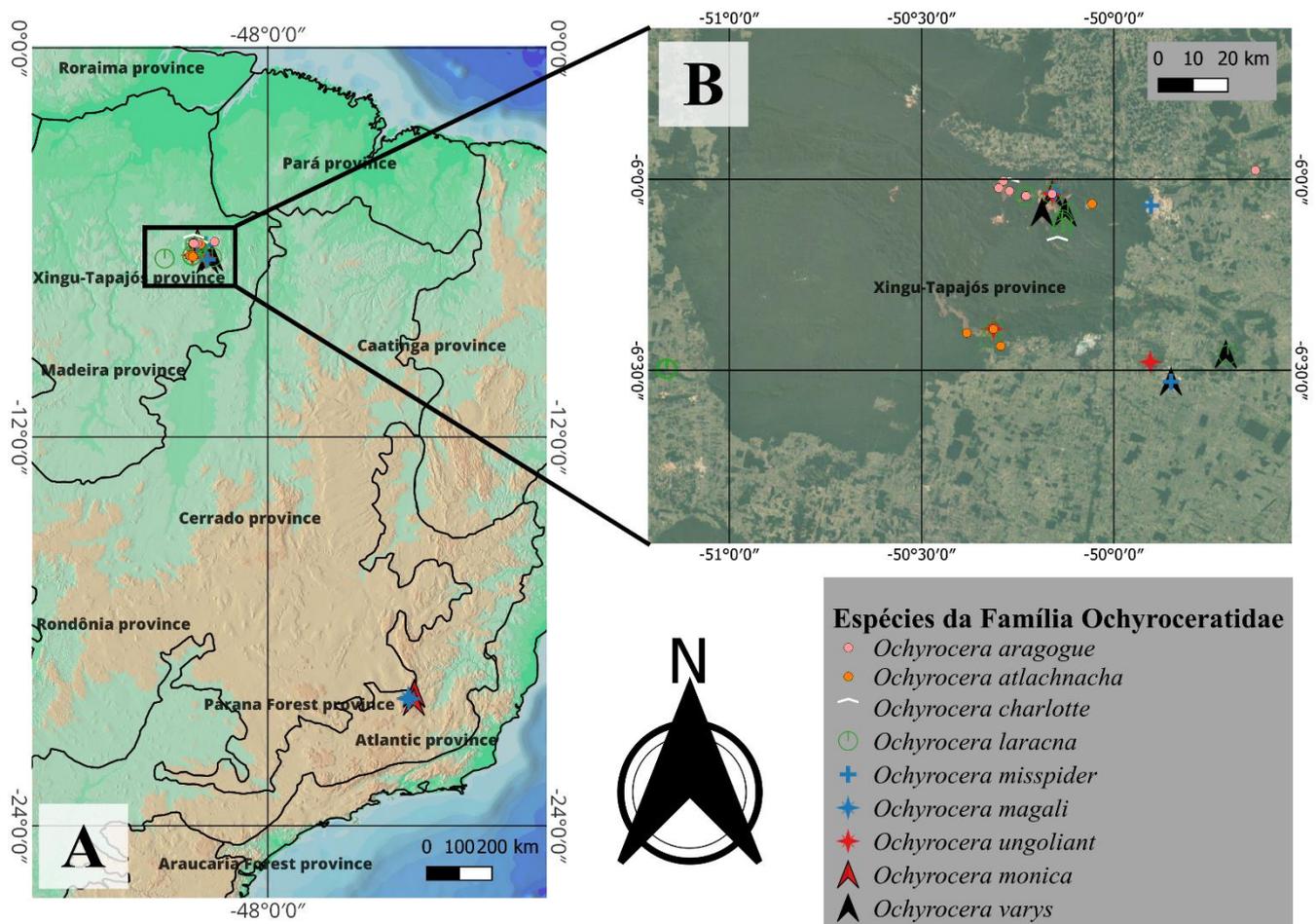


Figura 45A e 45B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Ochyroceratidae (Classe Arachnida, Ordem Araneae) nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014). Para a espécie *Ochyrocera varys* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018 foram plotadas coordenadas apenas das cavidades dos material-tipo e dos municípios de sua ocorrência, visto que a mesma ocorre em mais 24 cavidades de Canaã dos Carajás-PA, 1 cavidade de Parauapebas-PA e 142 cavidades de Serra Norte-PA. O mesmo ocorreu para *Ochyrocera atlachnacha* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018 que ocorre em mais 72 cavidades de Canaã dos Carajás, e para *Ochyrocera misspider* Brescovit, Cizauskas & Mota, 2018 que ocorre em mais 9 cavidades de Canaã dos Carajás e 68 cavidades de Parauapebas (ver. Prete, Cizauskas & Brescovit, 2018).

Para as demais Famílias da Ordem Araneae, a distribuição está entre a Província do Cerrado, com quatro espécies distribuídas entre as Famílias Oonopidae com *Triaeris stenaspis* Simon, 1892; Nephilidae com *Trichonephila clavipes* (Linnaeus, 1767); e Linyphiidae com *Scolecuroa parilis* Millidge, 1991 e *Vesicapalpus simplex* Millidge, 1991 (Figura 46). A Província da Caatinga possui uma espécie da Família Pholcidae com *Smeringopus pallidus* (Blackwall, 1858). E a Província Xingu-Tapajós, com três espécies (*Cyrtogramomma monticola* Pocock, 1895; *Hapalopus aymara* Perdomo, Panzera & Pérez-Miles, 2009; e *Guyruita metallophila* Fonseca-Ferreira, Zampaulo & Guadanucci, 2017) da

Família Theraphosidae, que representam as grandes caranguejeiras da Infraordem Mygalomorphae (Figura 47).

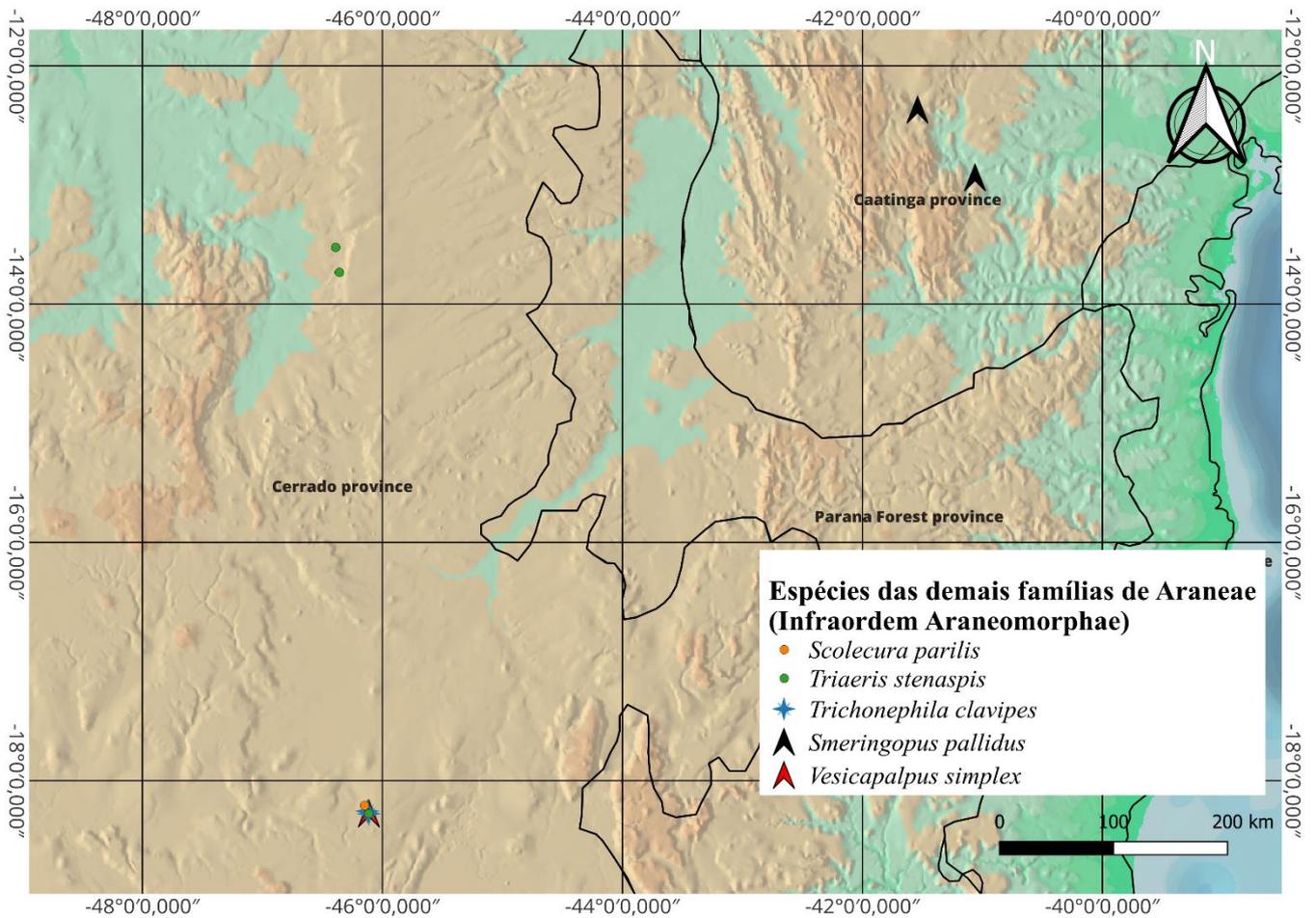


Figura 46. Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Famílias da Ordem Araneae e Infraordem Araneomorphae, nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

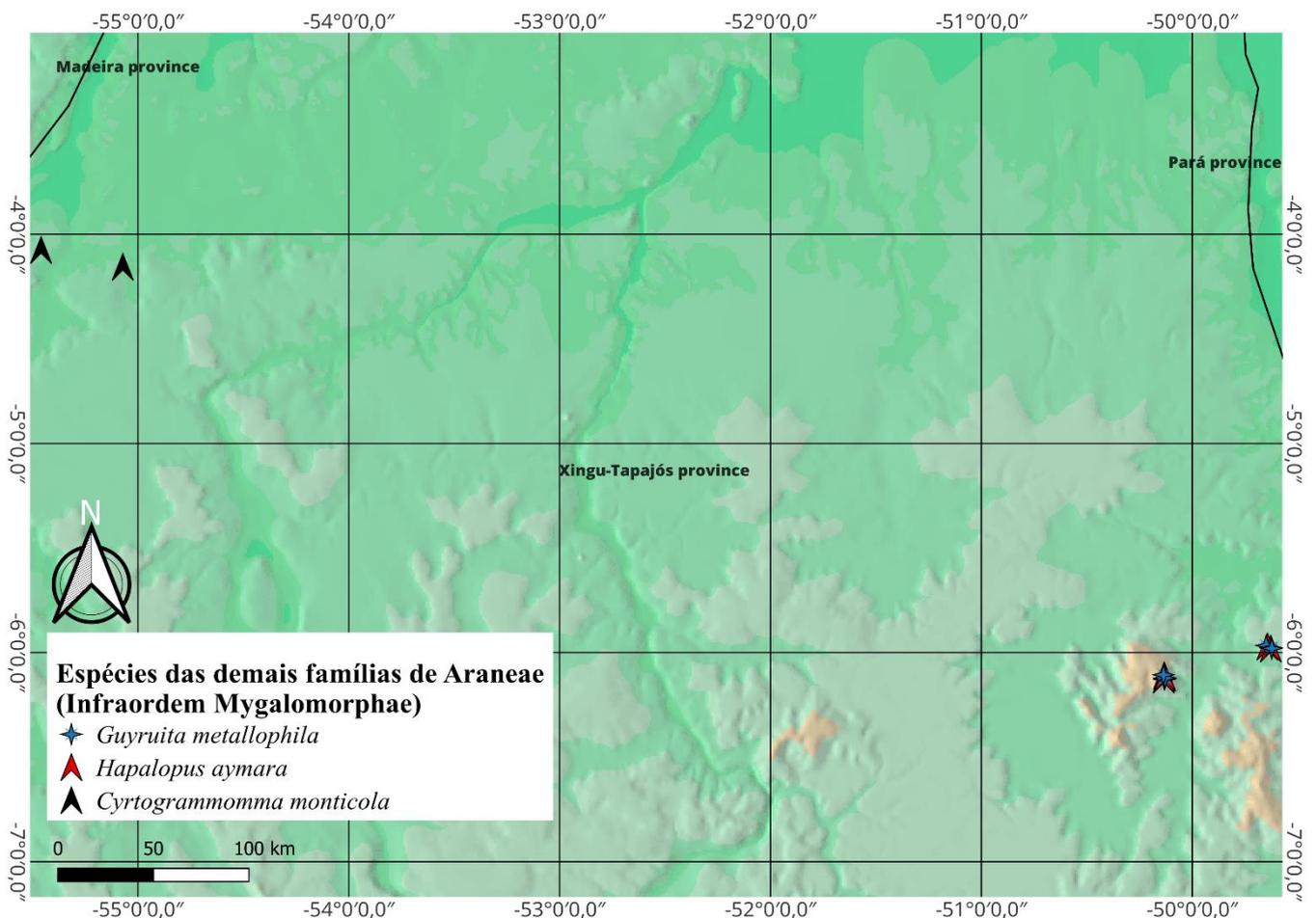


Figura 47. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Família Theraphosidae (Ordem Araneae e Infraordem Mygalomorphae), nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Ainda na Classe Arachnida, para a Ordem dos amblipígeos, as espécies encontram-se distribuídas em seis Províncias e quatro Domínios diferentes dentro da proposta de Morrone (2014), sendo do Domínio Sul Brasileiro a Província de Roraima (*Charinus ricardo* Giupponi & Miranda, 2016). Do Domínio Sudeste Amazônico a Província Xingu-Tapajós (duas espécies: *Charinus orientalis* Giupponi & Miranda, 2016 e *Charinus carajas* Giupponi & Miranda, 2016). Do Domínio Chacoano as Províncias da Caatinga (duas espécies: *Trichodamon princeps* Mello-Leitão, 1935 e *Charinus diamantinus* Miranda, Giupponi, Prendini & Scharff, 2021) e do Cerrado, com *Heterophrynus longicornis* (Butler, 1873). Do Domínio Paranaense as Províncias Atlântica (duas espécies: *Charinus acaraje* Pinto-da-Rocha, Machado & Weygoldt, 2002 e *Charinus apiaca* Miranda, Giupponi, Prendini & Scharff, 2021) e da Floresta do Paraná (duas espécies: *T. princeps* e *Charinus santanensis* Vasconcelos & Ferreira, 2017), como observado na Figura 48.

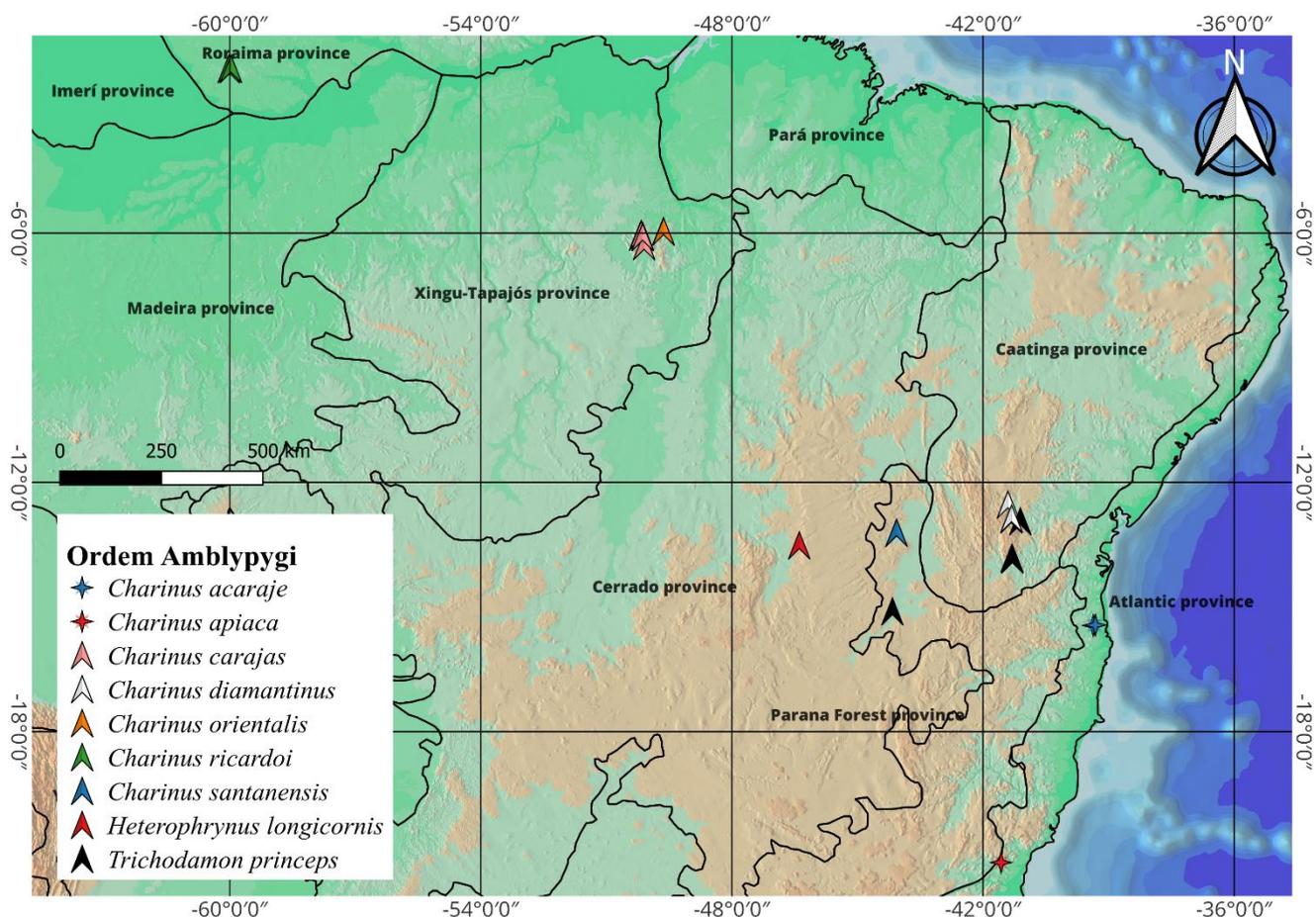


Figura 48. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Amblypygi nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Por sua vez, os opilões (Classe Arachnida) também estão bem distribuídos, ocorrendo em cinco Províncias e três Domínios biogeográficos, sendo que duas espécies, *Verrucastagnus caliginosus* (Pinto-da-Rocha, 1990) e *Eusarcus xambioa* Santos Júnior, Ázara & Ferreira, 2021, ocorrem na Província Xingu-Tapajós. Na Província do Cerrado, cinco espécies: *Discocyrtanus goyazius* Roewer, 1929; *Eusarcus aduncus* (Mello-Leitão, 1942); *Eusarcus cavernicola* Pinto-da-Rocha & Hara, 2010; *Flirtea batman* (Pinto-da-Rocha & Yamaguti, 2013); e *Eusarcus capixaba* Santos Júnior, Ázara & Ferreira, 2021. Uma espécie (*E. aduncus*) ocorre na região norte da Floresta do Paraná. Duas espécies (*E. capixaba* e *Eusarcus marmoreus* Santos Júnior, Ázara & Ferreira, 2021) na região central da Província Atlântica. Por fim duas espécies coocorrem na região do Alto do Ribeira abrangendo três Províncias do Domínio Paranaense, onde *Pararezendesius luridus* Soares, 1972 ocorre nas Províncias Floresta do Paraná e Atlântica e *Khazaddum inerme* (Soares & Soares, 1947) ocorre nestas e na Província da Floresta de Araucária (Figura 49).

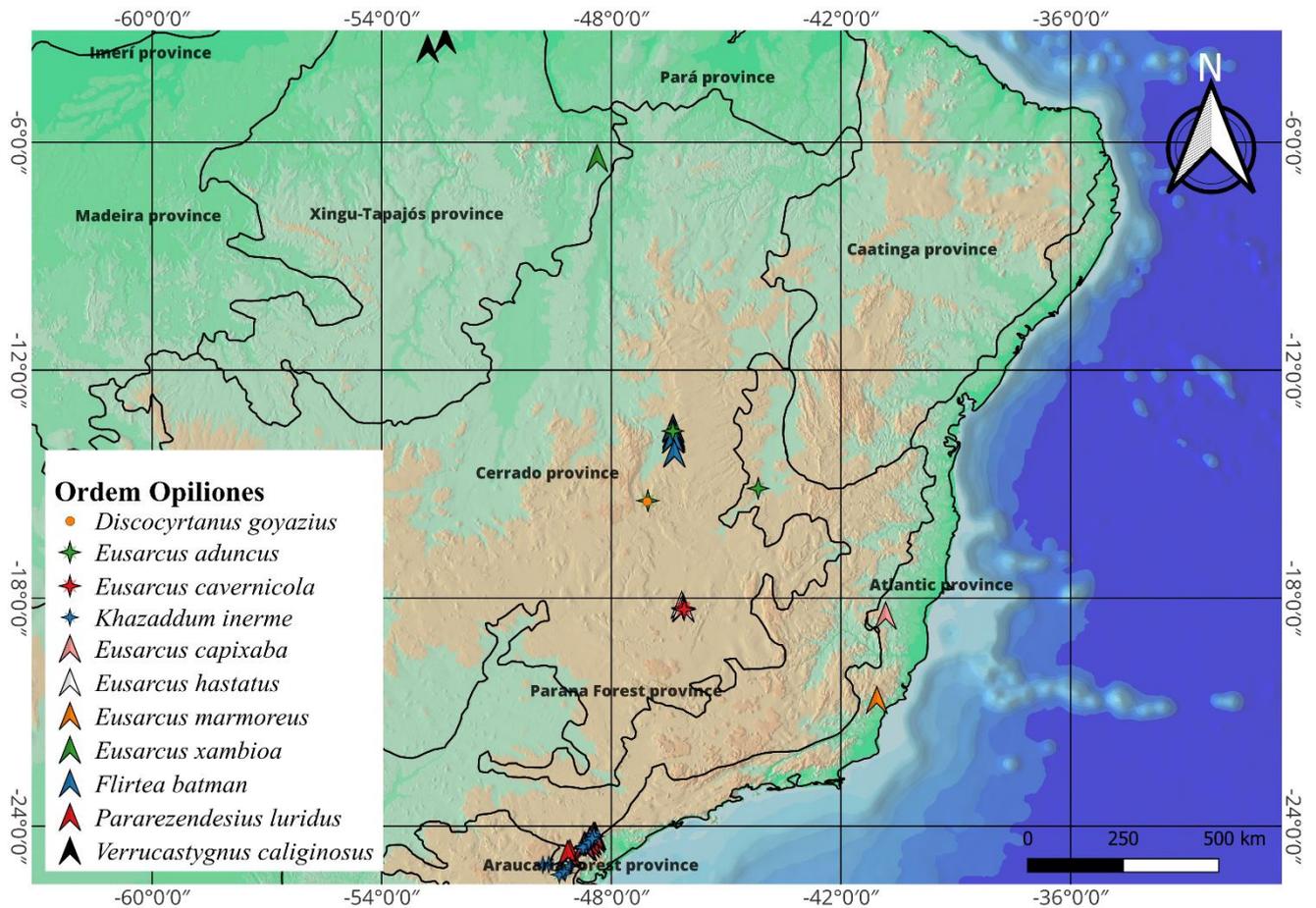


Figura 49. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Opiliones nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

As demais Ordens da Classe dos aracnídeos têm ocorrência na Província do Cerrado com a espécie invasora de Schizomida, *Stenochrus portoricensis* Chamberlin, 1922, na Província da Caatinga com a espécie da Ordem Pseudoscorpiones *Maxcheres kapinawai* Bedoya-Roque, Tizo-Pedroso, Barbier & Lira, 2021 e na divisa entre as Províncias Atlântica e da Floresta do Paraná com o também pseudoescorpião *Heterolophus guttiger* Tömösváry, 1884 (Figura 50).

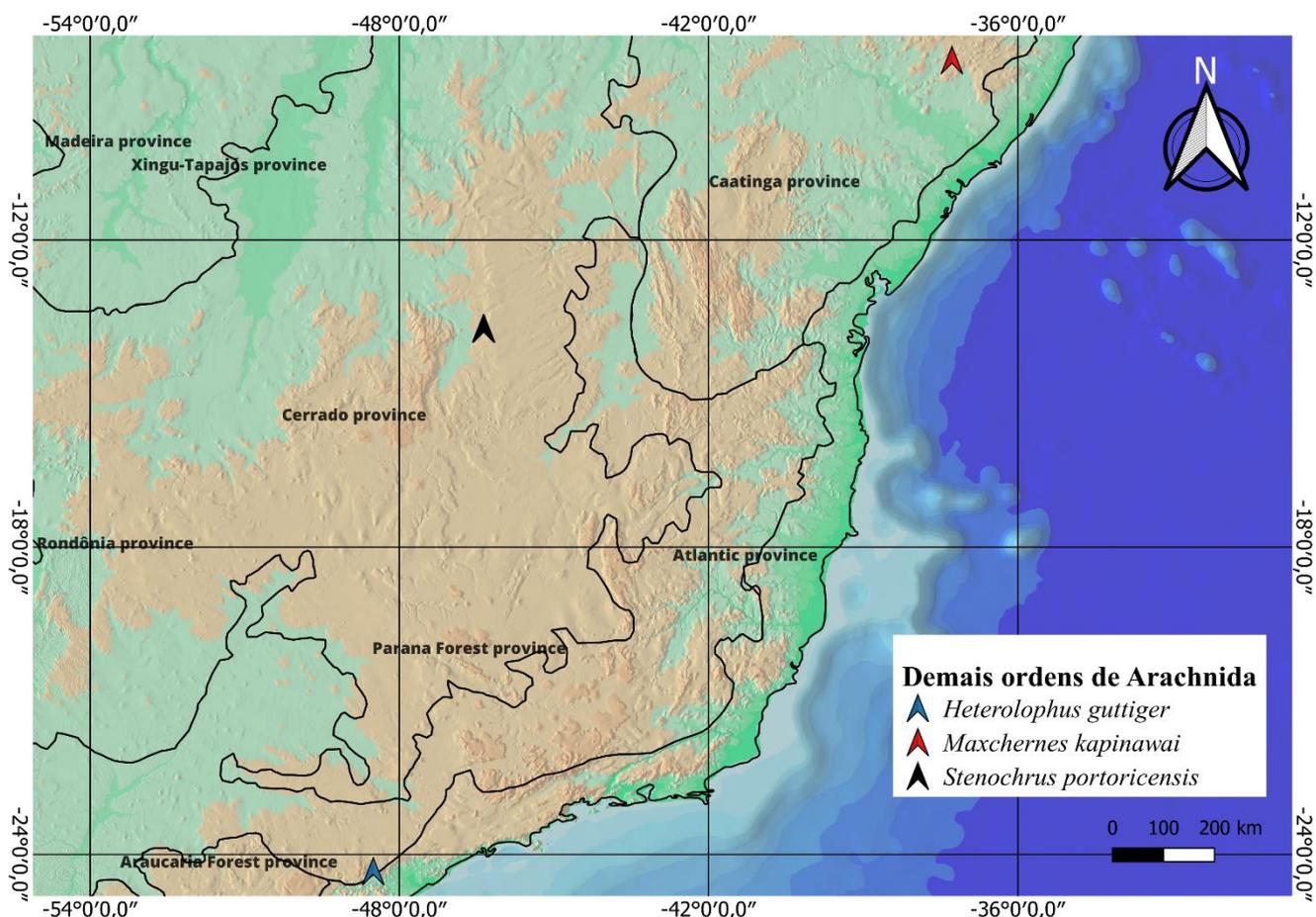


Figura 50. Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Ordens da Classe Arachnida nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Partindo para a Classe Malacostraca, e observando a Ordem Isopoda (Figuras 51A e B) dos popularmente conhecidos tatuzinhos-de-jardim, esta possui espécies distribuídas nas Províncias Xingu-Tapajós (*Androdeloscia akuanduba* Campos-Filho, Cardoso & Taiti, 2020). Na Província do Cerrado há registro apenas da espécie *Venezillo congener* (Budde-Lund, 1904). Na Província da Floresta do Paraná com três espécies: *Benthana picta* (Brandt, 1833); *Benthana longicornis* Verhoeff, 1941; e *Benthana taeniata* Araujo & Buckup, 1994. Por fim existem três espécies (*B. taeniata*, *B. picta* e *Dubioniscus marmoratus* Lemos de Castro, 1970) ocorrendo na Província Atlântica.

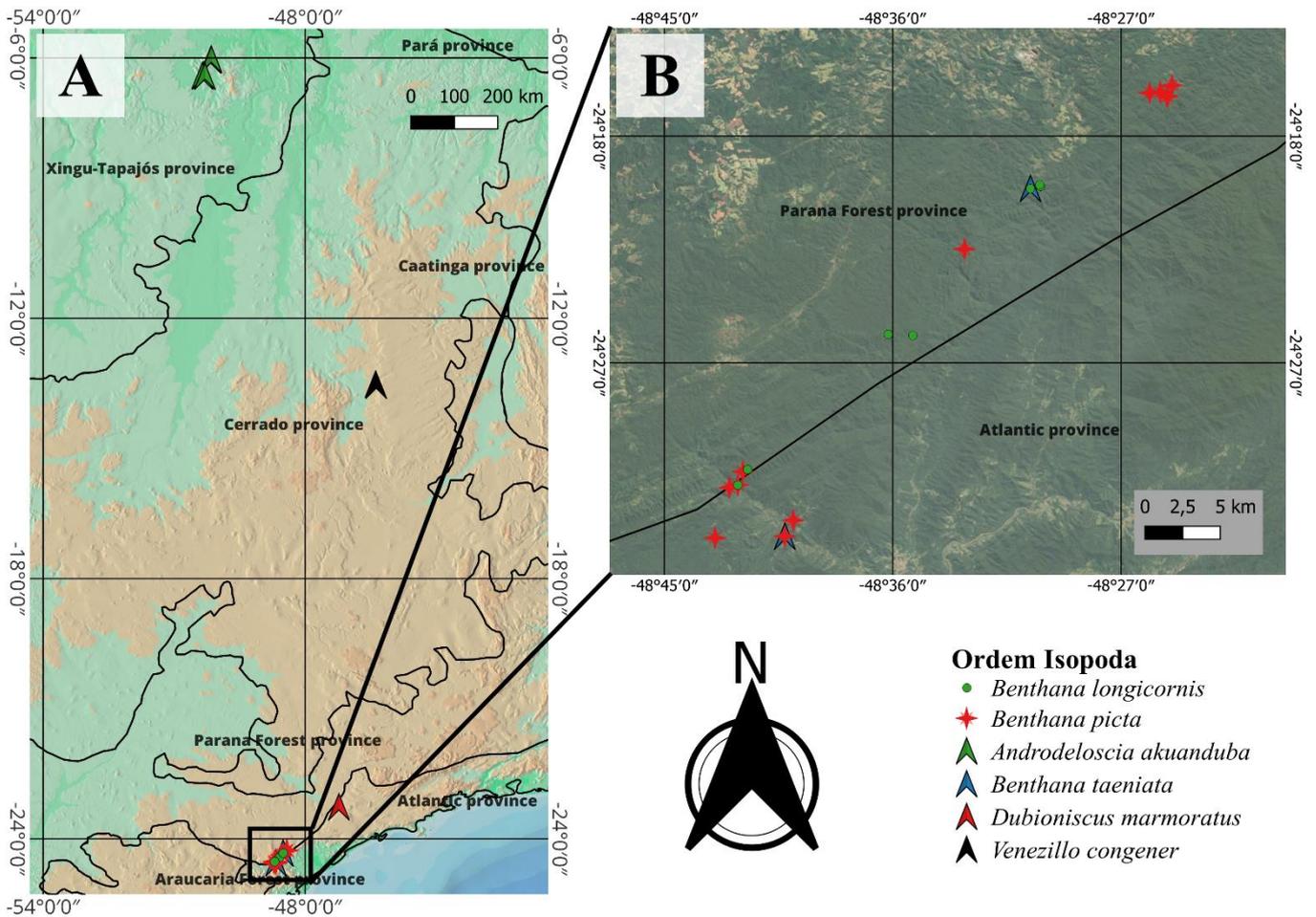


Figura 51A e 51B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Isopoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

As demais Ordens desta Classe (Amphipoda e Decapoda) possuem distribuição de suas espécies, até o momento, somente na região que abrange o Vale do Ribeira (Figura 52), com duas espécies (*Aegla paulensis* Schmitt, 1942 e *Aegla schmitti* Hobbs III, 1978) ocorrendo na Província da Floresta de Araucária, três espécies (*A. schmitti*, *Aegla strinatii* Türkay, 1972 e *Aegla marginata* Bond-Buckup & Buckup, 1994) na Província Atlântica. Por fim na Província da Floresta do Paraná, há ocorrência de três espécies: *A. schmitti*, *A. strinatii* e *Hyaella pernix* (Moreira, 1903).

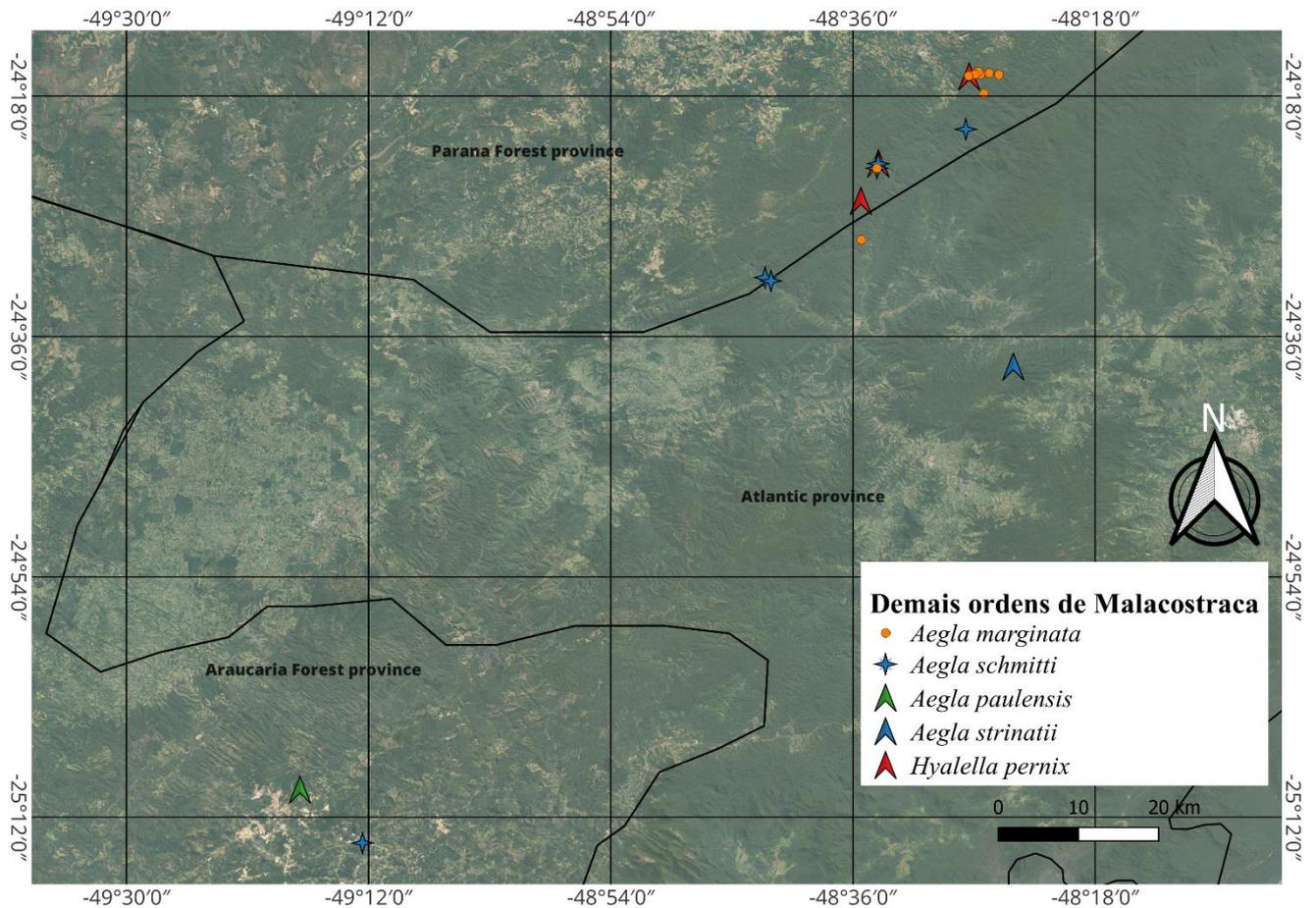


Figura 52. Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Ordens da Classe Malacostraca nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Classe Chilipoda, que abrange o grupo das centopeias, a principal espécie com distribuição em praticamente todo o país é a *Sphendononema guildingii* Newport G. (1845) com ocorrência registrada em cinco Províncias e três Domínios biogeográficos diferentes. Além desta, há também uma espécie (*Thereuoquima admirabilis* Bücherl, 1949) na Província Atlântica e a espécie *Otostigmus (Parotostigmus) tibialis* Brölemann, 1902 que ocorre na região divisa dela com a Floresta do Paraná. Por fim ocorrem exclusivamente na Província da Floresta do Paraná mais duas espécies: *Otostigmus (Parotostigmus) muticus* Karsch, 1888 e *Cryptops (Trigonocryptops) hephaestus* Ázara & Ferreira, 2013 (Figura 53).

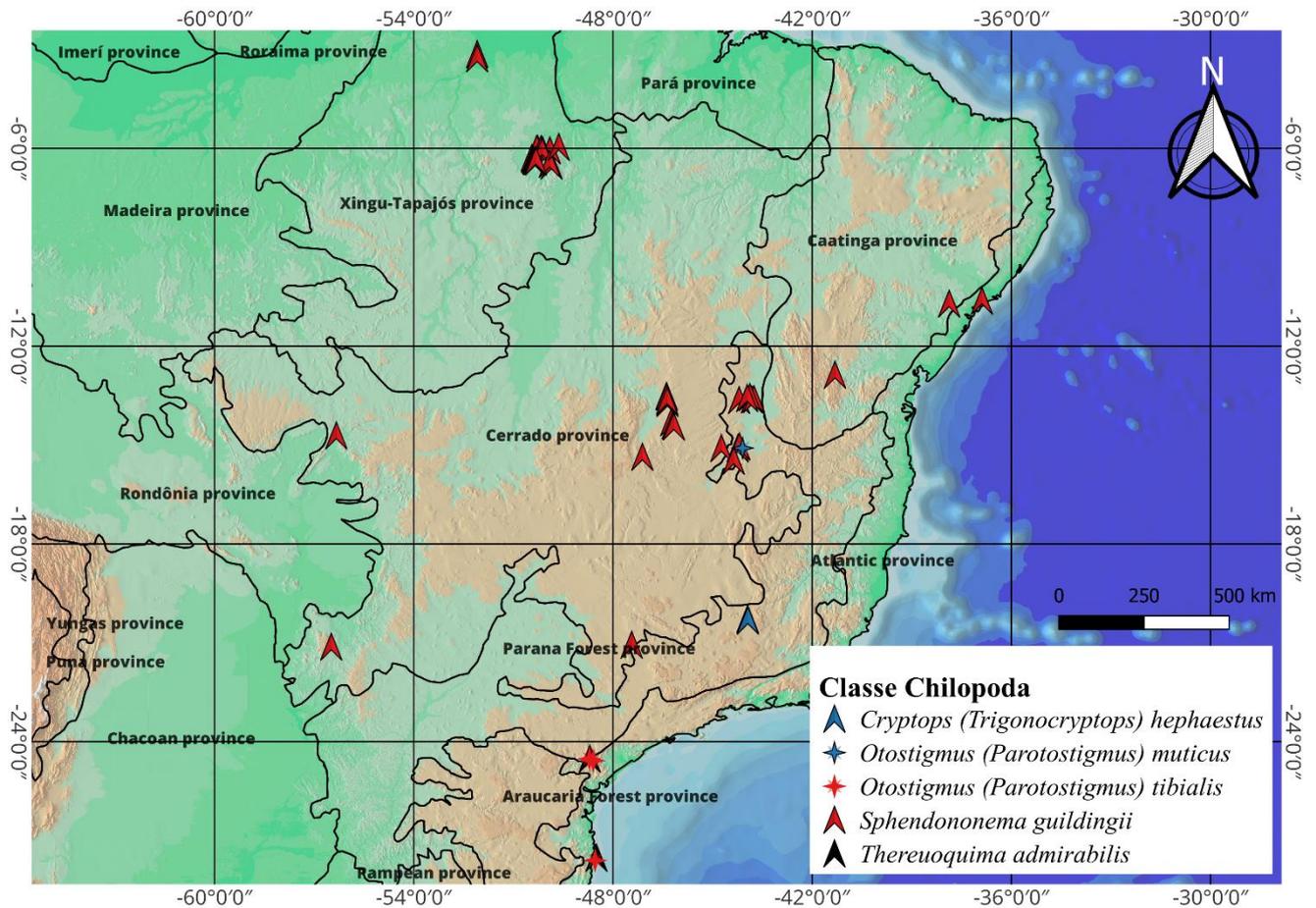


Figura 53. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Chilopoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Classe Diplopoda, conhecida pelos piolhos-de-cobra, as duas espécies troglófilas conhecidas têm registro na Província do Cerrado com *Obiricodesmus rupestris* Schubart, 1956 e nas Províncias da Floresta de Araucária e Atlântica com a espécie *Pseudonannolene strinatii* Mauriès, 1974 (Figura 54).

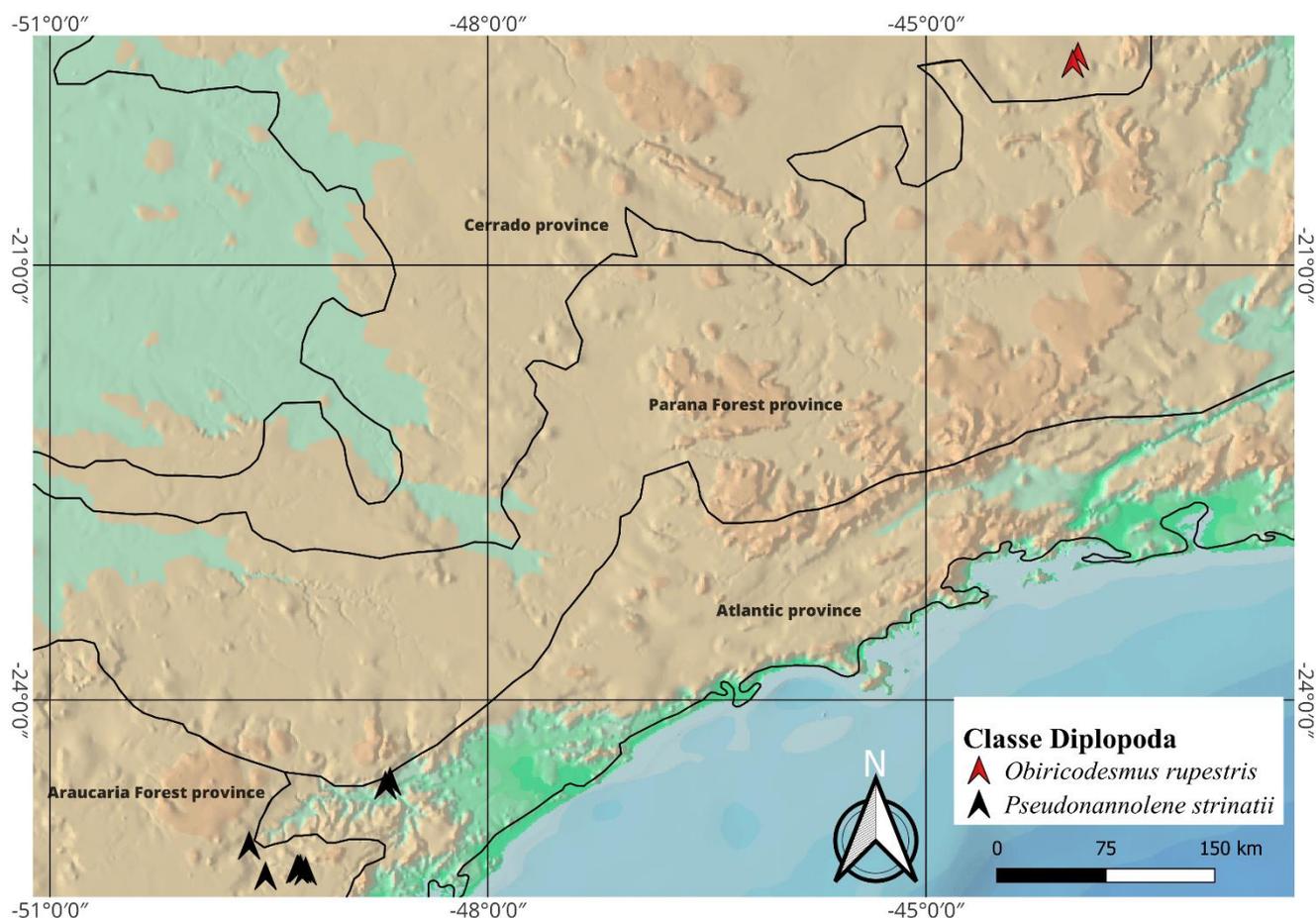


Figura 54. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Diplopoda nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

A Ordem Collembola pertencente à Classe dos Entognatha, possui como principal representante, pelo menos no que se diz número de espécies troglófilas, a Subordem Entomobtyomorpha. Ela tem espécies espalhadas em três Províncias e três Domínios biogeográficos de Morrone (2014), porém sua maior concentração está na Província da Floresta do Paraná com 10 espécies registradas em cavidades: *Cyphoderus caetetus* Zeppelini & Oliveira, 2016; *Pseudosinella acantholabrata* Cipola, 2020; *Pseudosinella macrolignicephala* Oliveira, Lima & Cipola, 2020; *Pseudosinella marianensis* Bellini, Cipola & Souza, 2020; *Pseudosinella parambigua* Oliveira, Lima & Cipola, 2020; *Pseudosinella spurimarianensis* Bellini, Cipola & Souza, 2020; *Pseudosinella unimacrochaetosa* Cipola, 2020; *Cyphoderus pataxo* Oliveira, Brito & Zeppelini, 2021; e *Trogolaphysa mariecurieae* Ferreira, Oliveira & Zeppelini, 2021. As demais espécies se encontram na Província do Cerrado (*Cyphoderus palaciosi* Oliveira, Brito & Zeppelini, 2021) e Xingu-Tapajós (duas espécies: *Cyphoderus mucrominimus* Oliveira, Alves & Zeppelini, 2017 e *Cyphoderus mucrostrimemus* Oliveira, Alves & Zeppelini, 2017), como observado nas Figuras 55A e B.

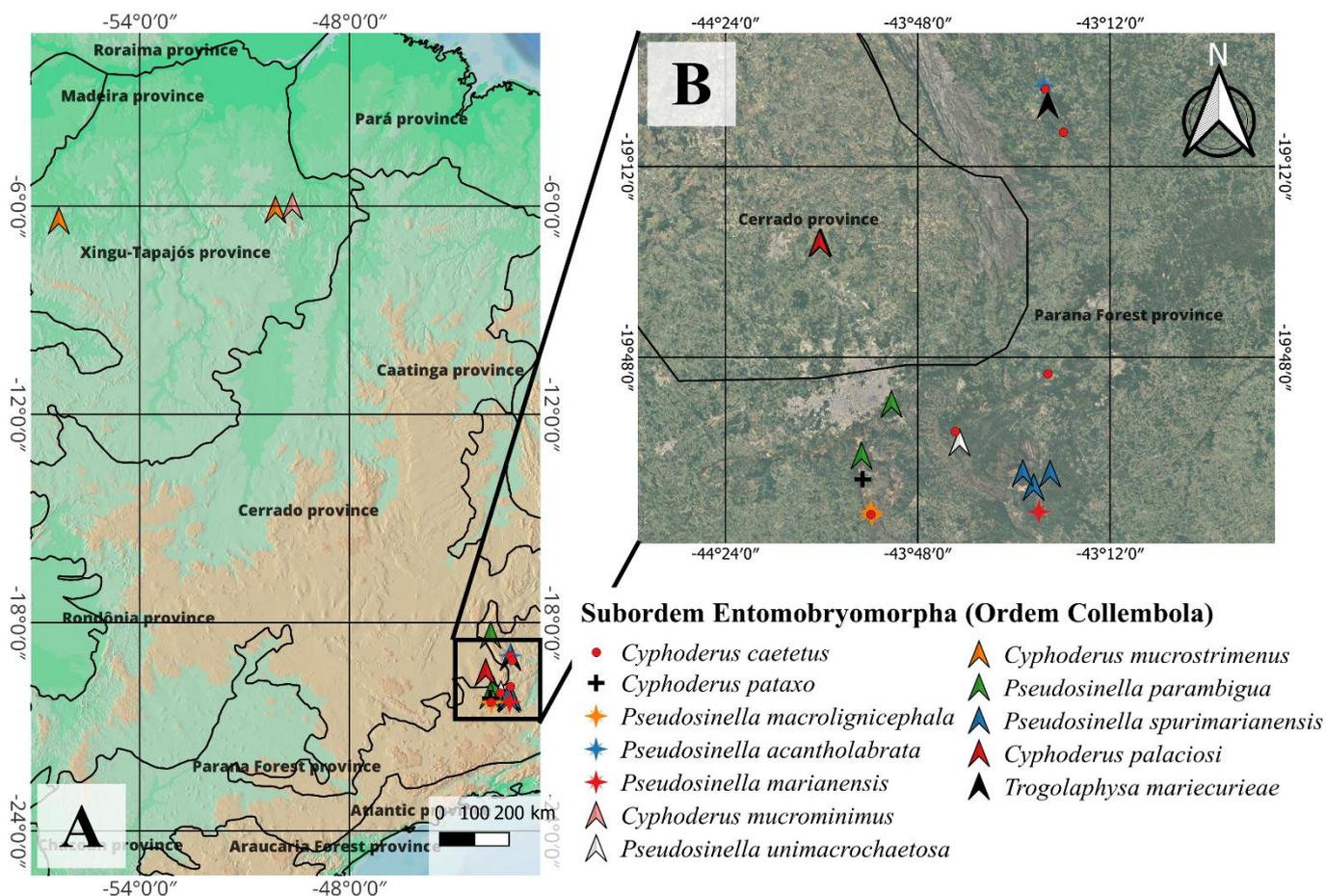


Figura 55A e 55B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Subordem Entomobryomorpha nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

As demais subordens de colêmbolos troglófilos possuem apenas duas espécies representantes, *Pararrhopalites queirozi* Brito, Lima & Zeppelini, (2019) da Subordem Symphypleona com ocorrência na Província do Cerrado e da Floresta do Paraná, e *Acherontides serrasapoensis* Lima, Stievano & Zeppelini, (2019) da Subordem Poduromorpha com registro apenas na Província da Floresta do Paraná (Figura 56).

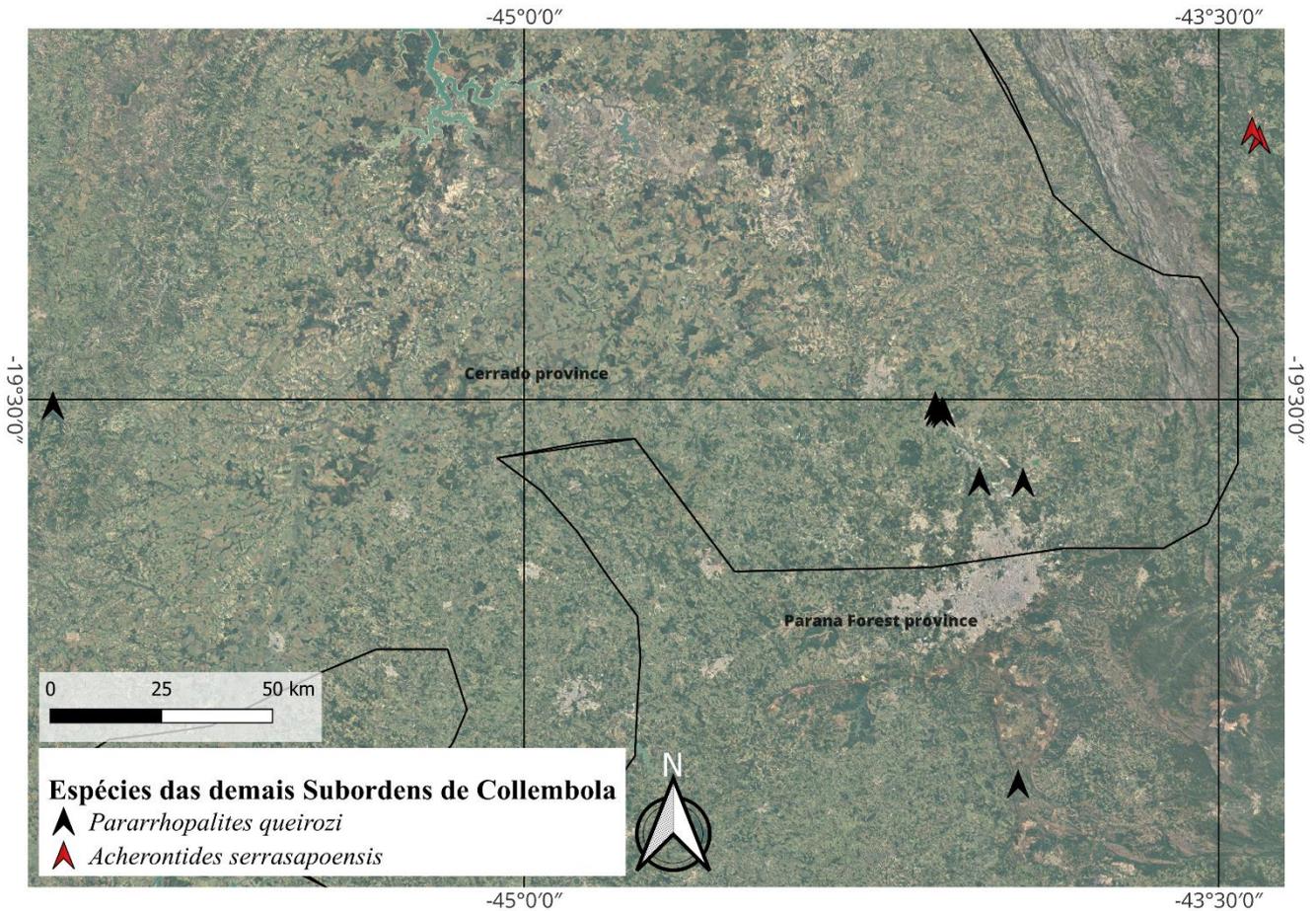


Figura 56. Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Subordens da Ordem Collembola nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Para a Classe dos insetos, a Ordem Orthoptera que abrange os grilos, gafanhotos e esperanças, apresenta suas espécies troglófilas distribuídas entre a Província do Cerrado, com duas espécies: *Endecous (Endecous) aguassay* Mews, 2008 e *Endecous (Pedroecous) didymus* Castro-Souza, Zefa & Lopes Ferreira, 2020. Nas divisas entre a Província da Floresta do Paraná com a Província Atlântica (*Strinatia brevipennis* Chopard, 1970) e com a Província do Cerrado, por *Eidmanacris alboannulata* (Piza Jr., 1960). A única que difere é *Erebonyx potiguar* Merlo *et al.* 2022 que ocorre na Província da Caatinga dentro do Domínio Chacoano (Figura 57).

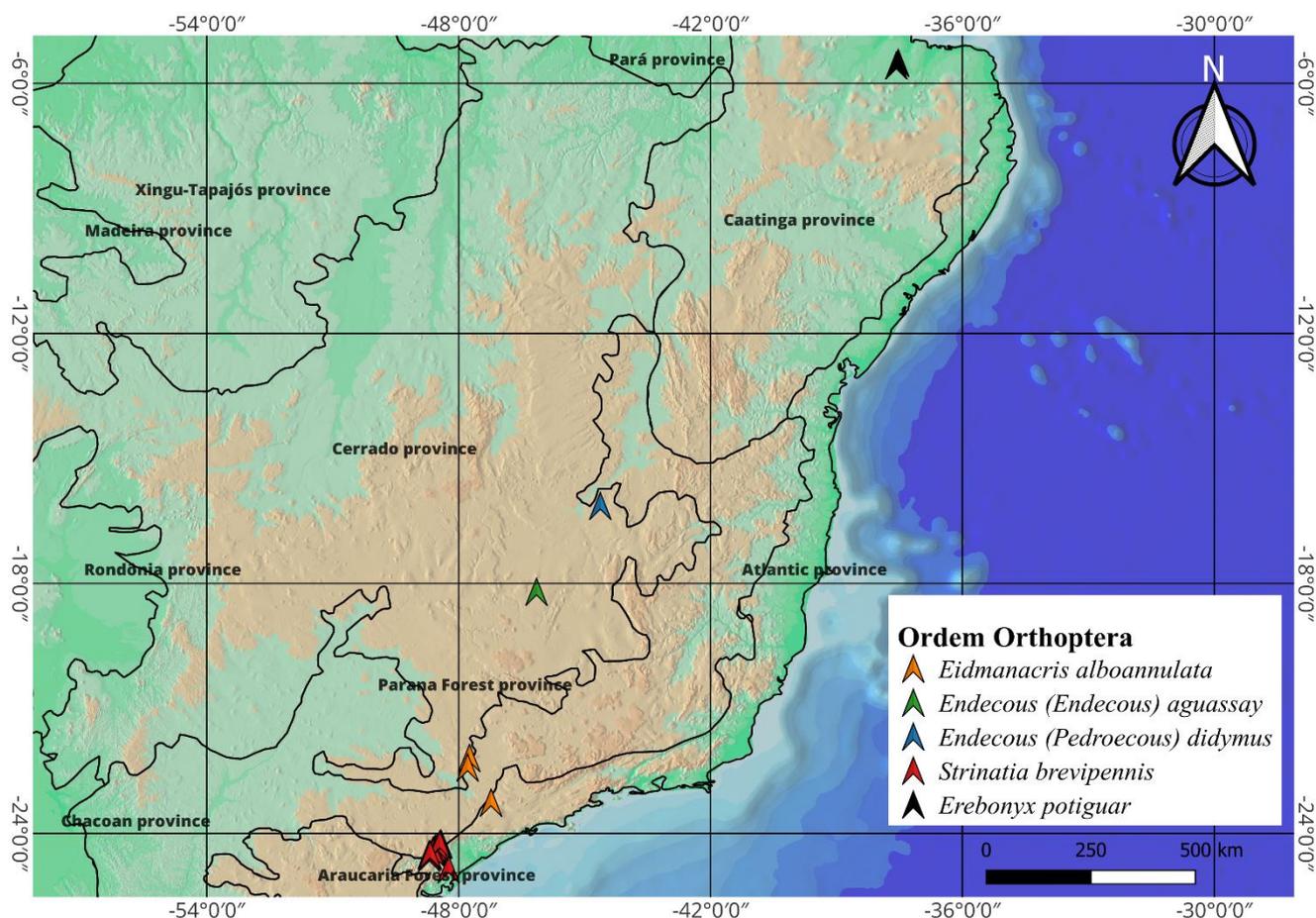


Figura 57. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Orthoptera nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Já o grupo dos besouros (Ordem Coleoptera) possui distribuição em quatro Províncias biogeográficas e dois Domínios (Paranaense e Chacoano), com maior concentração na região do Vale do Ribeira, sendo que na Província da Floresta do Paraná ocorrem seis espécies: *Dyscolus (Dyscolus) subviolaceus* (Chaudoir, 1842); *Dissochaetus murrayi* Reitter, 1884; *Dissochaetus hetschkoi* Reitter, 1884; *Dissochaetus villosus* Szymczakowski, 1961; *Dissochaetus vanini* Gnaspini, 1991; *Adelopsis leo* Gnaspini, 1993. Na Província Atlântica ocorrem cinco espécies: *D. (Dyscolus) subviolaceus*; *D. murrayi*; *D. villosus*; *D. vanini*; *A. leo*. Na Floresta de Araucária ocorrem três espécies: *D. murrayi*; *D. villosus*; e *D. vanini*. Além disso na Província do Cerrado há ocorrência de três espécies: *D. murrayi*; *D. vanini*; e *Adelopsis asperoides* Szymczakowski, 1963 (Figuras 58A e 58B).

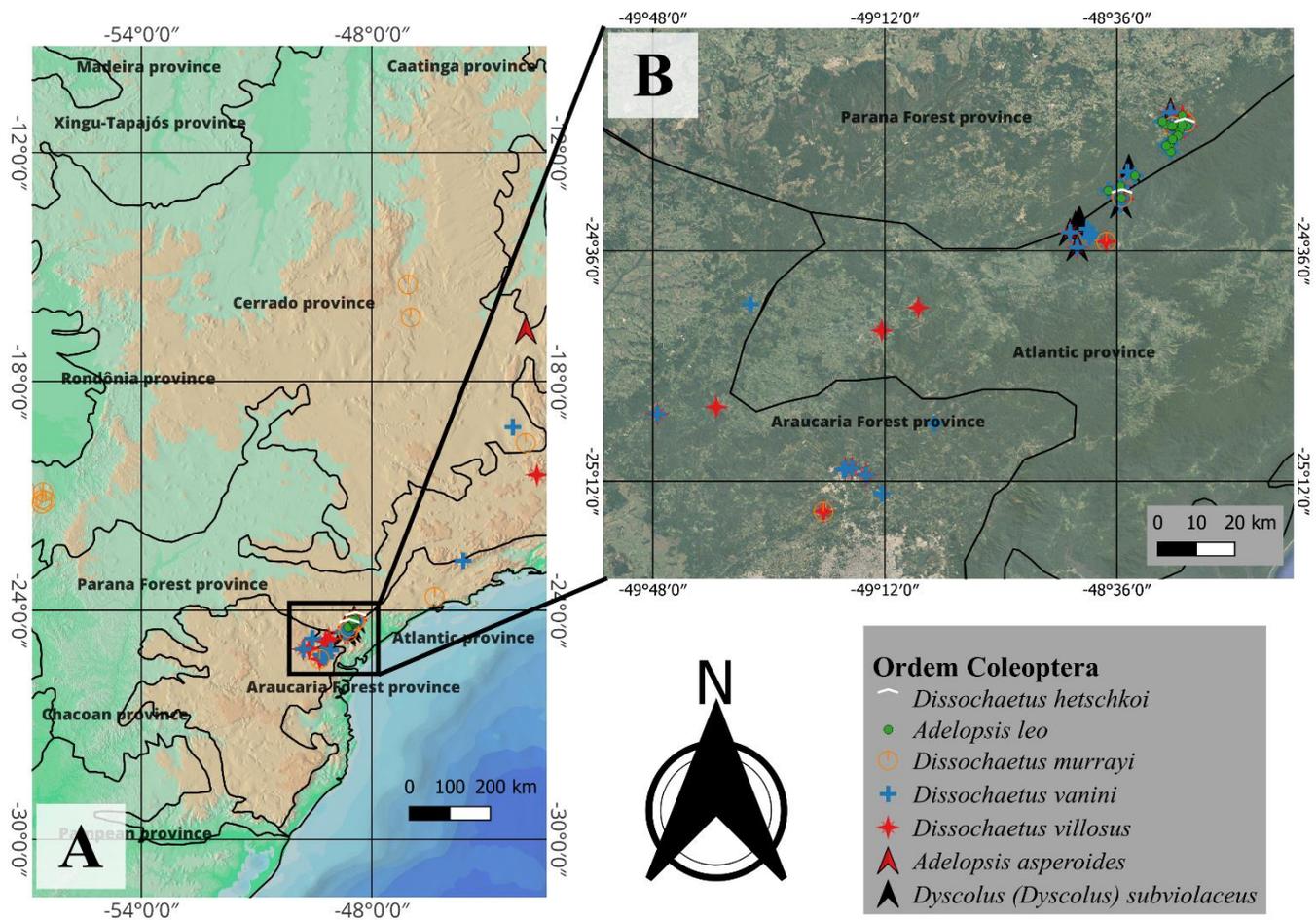


Figura 58A e 58B. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Ordem Coleoptera nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Os demais grupos da Classe Insecta (Ordens Blattodea, Hemiptera, Diptera e Hymenoptera) possui diferentes distribuições de espécies, enquanto algumas, como o percevejo (Hemiptera) *Zelurus travassosi* (Lima, 1940), encontra-se apenas na região do Alto do Ribeira, outras como a mosca (Diptera) *Drosophila (Drosophila) eleonora* Tosi, Martins, Vilela & Pereira, 1990 está bem distribuída, ocorrendo em três Províncias (Xingu-Tapajós, Cerrado e Floresta do Paraná) e três Domínios (Paranaense, Chacoano e Sudeste Amazônico) biogeográficos. Desta forma, a Província Xingu-Tapajós tem registro de três espécies troglófilas: *D. (Drosophila) eleonora*; a barata (Blattodea) *Blaberus parabolicus* Walker, 1868; e também barata *Eublaberus distantis* (Kirby, 1903). A Província do Cerrado tem quatro espécies: *D. (Drosophila) eleonora*; o himenóptero *Pachycondyla crassinoda* (Latreille, 1802); o percevejo *Zelurus zikani* (Lima, 1940); e o também percevejo *Emesa mourei* Wygodzinsky, 1946. A Província da Floresta do Paraná duas espécies: *Z. travassosi* e *D. (Drosophila) eleonora*. E a Província da Floresta de Araucária conjuntamente com a Atlântica apenas com a espécie *Z. travassosi* (Figuras 59A e 59B).

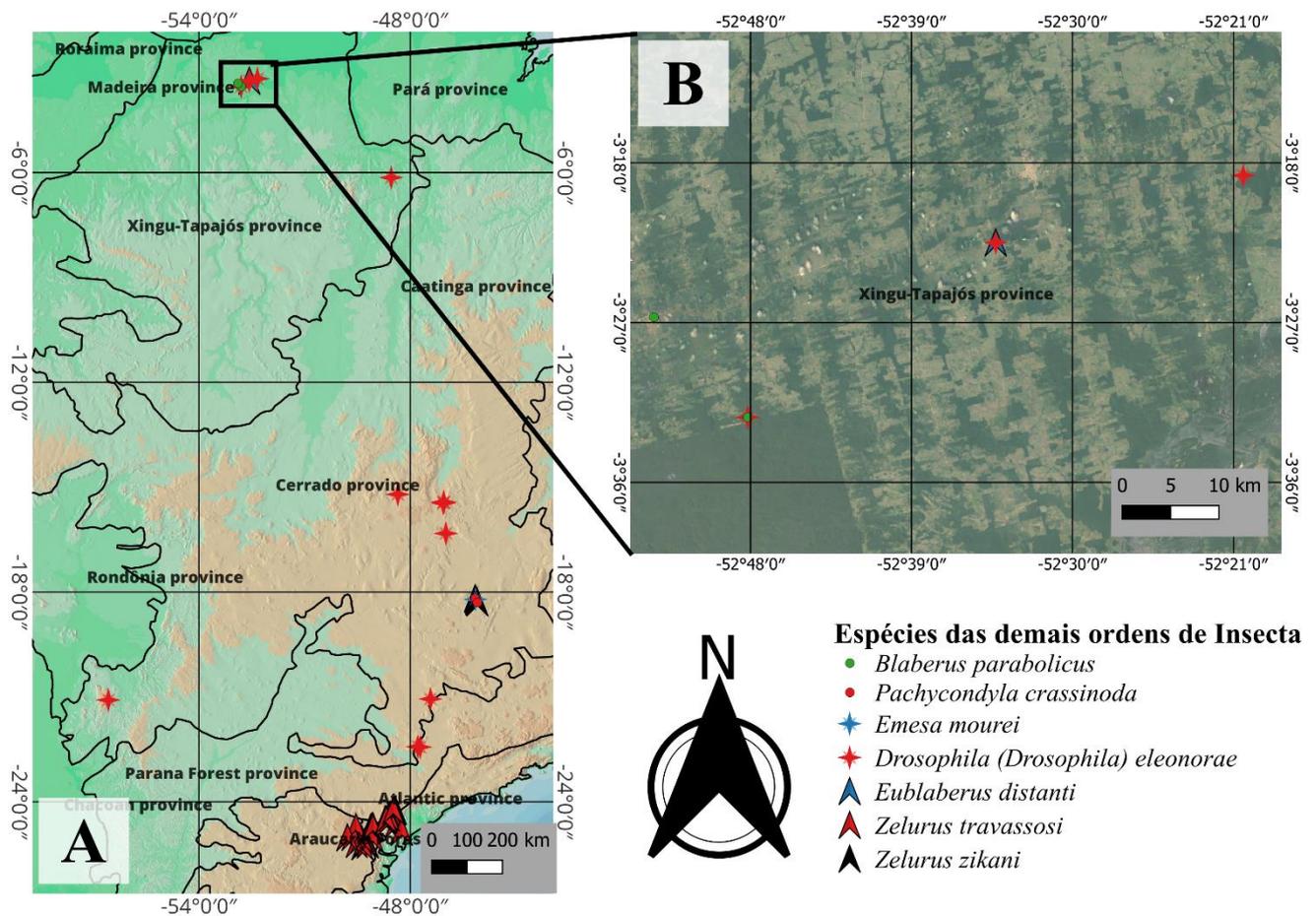


Figura 59. Distribuição das espécies TFs pertencentes às demais Ordens da Classe Insecta nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Por fim, a última Classe com registro de espécies TFs é a Actinopterygii que representa os peixes ósseos de nadadeira raiada, tais espécies encontram-se na Província do Cerrado com *Trichomycterus brasiliensis* Lütken, 1874 da Família Trichomycteridae e *Imparfinis hollandi* Haseman, 1911 da Família Heptapteridae, e na divisa entre a Província da Floresta do Paraná e Atlântica com *Isbrueckerichthys alipionis* (Gosline, 1947) Família Trichomycteridae e *Pimelodella transitoria* Miranda Ribeiro, 1907 da Família Heptapteridae com registro de longa data em rios e cavernas na região Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR) dentro da região do Vale do Alto do Ribeira (Figura 60).

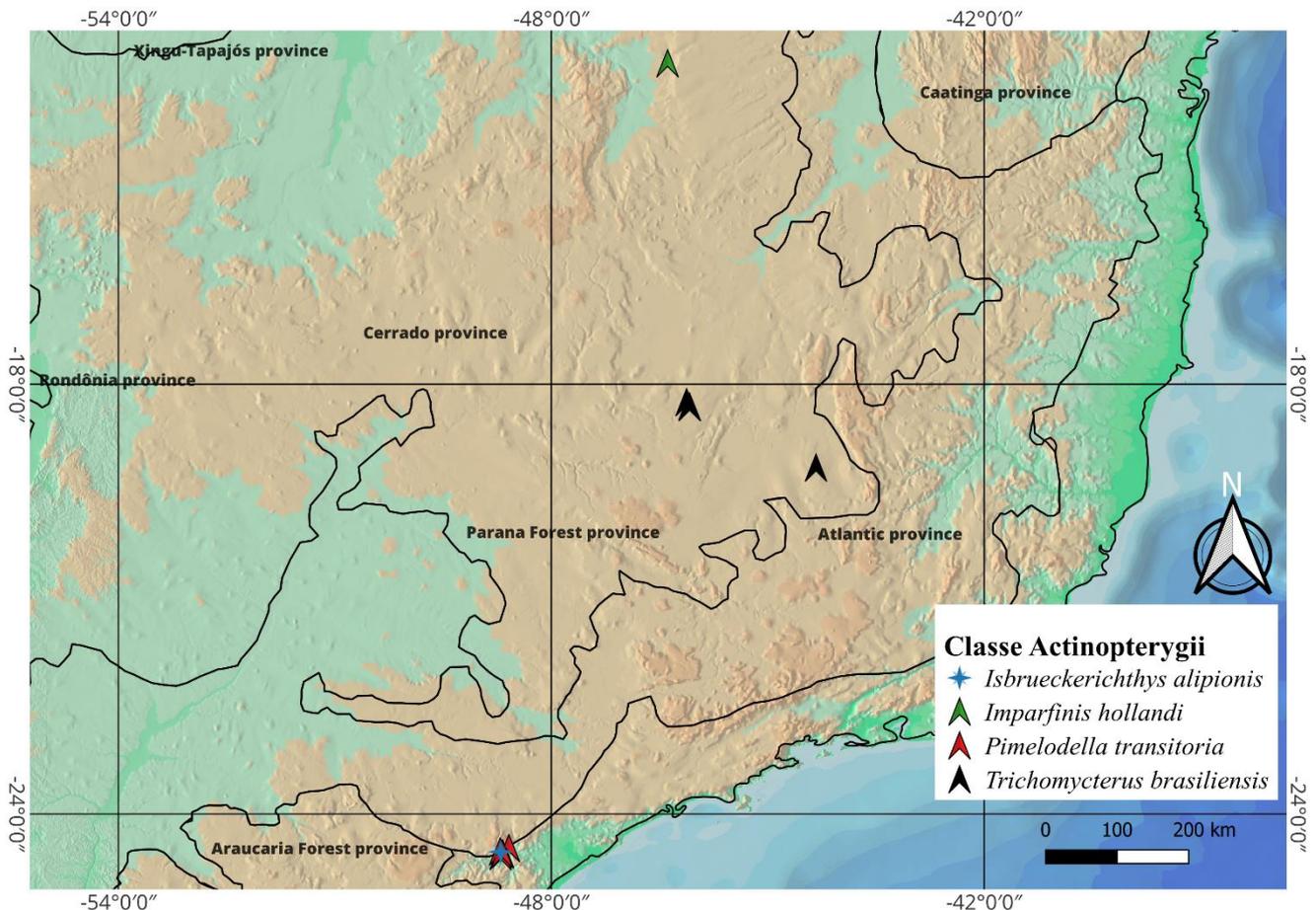


Figura 60. Distribuição das espécies TFs pertencentes à Classe Actinopterygii nas diferentes Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Com isso, a Província com maior registro de espécies TFs é a da Floresta do Paraná (70 espécies) do Domínio Paranaense, seguido do Cerrado (58 espécies) do Domínio Chacoano e a Atlântica (40 espécies) também do Domínio Paranaense, respectivamente. Desta forma o Domínio Paranaense é o de maior ocorrência de troglófilos, seguido do Domínio Chacoano e do Sudeste Amazônico. As Províncias do Pará dentro do Domínio Boreal Brasileiro e de Roraima no Domínio Sul Brasileiro, são as Províncias com menor registro de espécies, com um registro cada (Figura 61).

4.3.3. Análises Estatísticas

As análises estatísticas de Kruskal-Wallis, considerando apenas as oito Províncias com registro de TFs das 14 propostas por Morrone (2014) para o Brasil, apontam diferenças significativas, em relação ao registro de troglófilos tanto entre as Províncias (chi-squared = 36.241, df = 7, p-value = 6.528e-06), quanto entre os Domínios biogeográficos (chi-squared =

19.753, df = 4, p-value = 0.0005587).

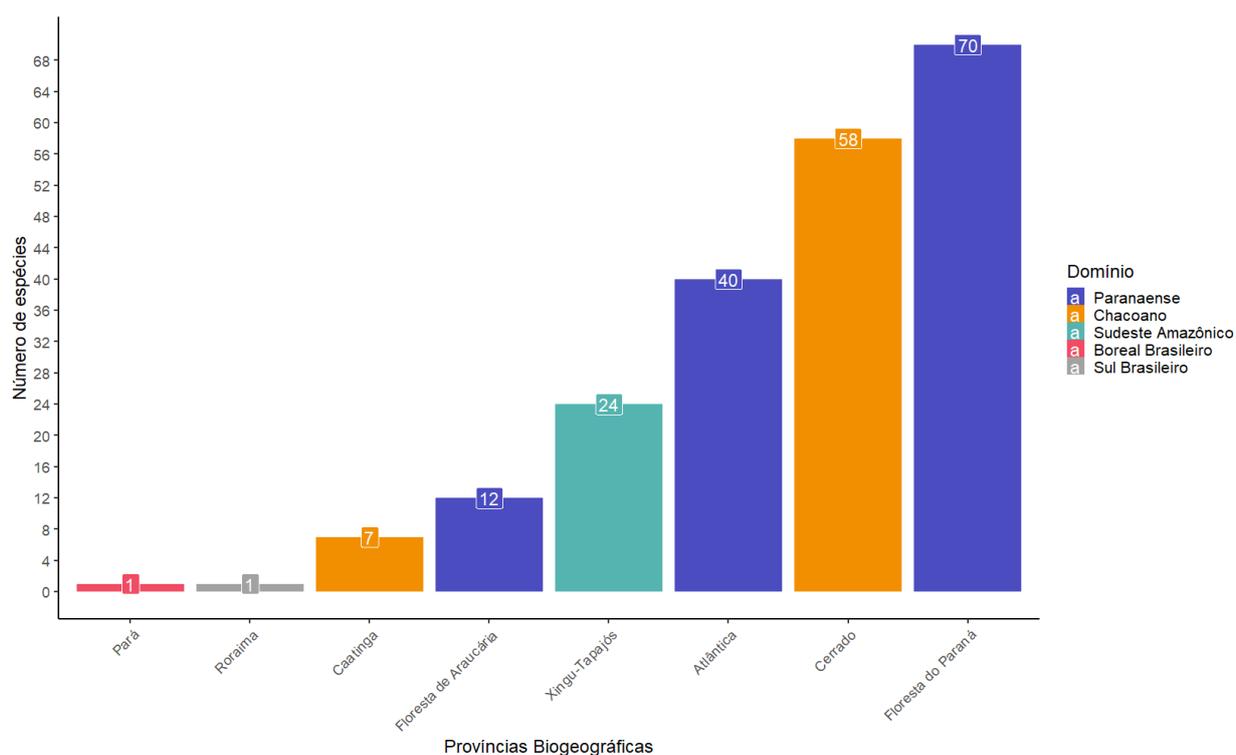


Figura 61. Distribuição das espécies TFs nas Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

Os testes de Dunn para as Províncias, encontrou diferenças significativas entre algumas delas ($p.adjust < 0.05$, Tabela 3 e Figura 62). Já para Domínios, obteve-se diferenças significativas entre o Domínio Boreal Brasileiro e Paranaense e entre o Sul Brasileiro e Paranaense (ambos com $p.adjust = 0.00623$, Figura 63).

Tabela 3 – Diferenças significativas entre as Províncias biogeográficas em relação ao registro de espécies.

Província 1	Província 2	p.adjust (Teste de Dunn)
Floresta do Paraná	Pará	0.001479365
Floresta do Paraná	Roraima	0.001479365
Cerrado	Pará	0.004261050
Cerrado	Roraima	0.004261050
Caatinga	Floresta do Paraná	0.024778632

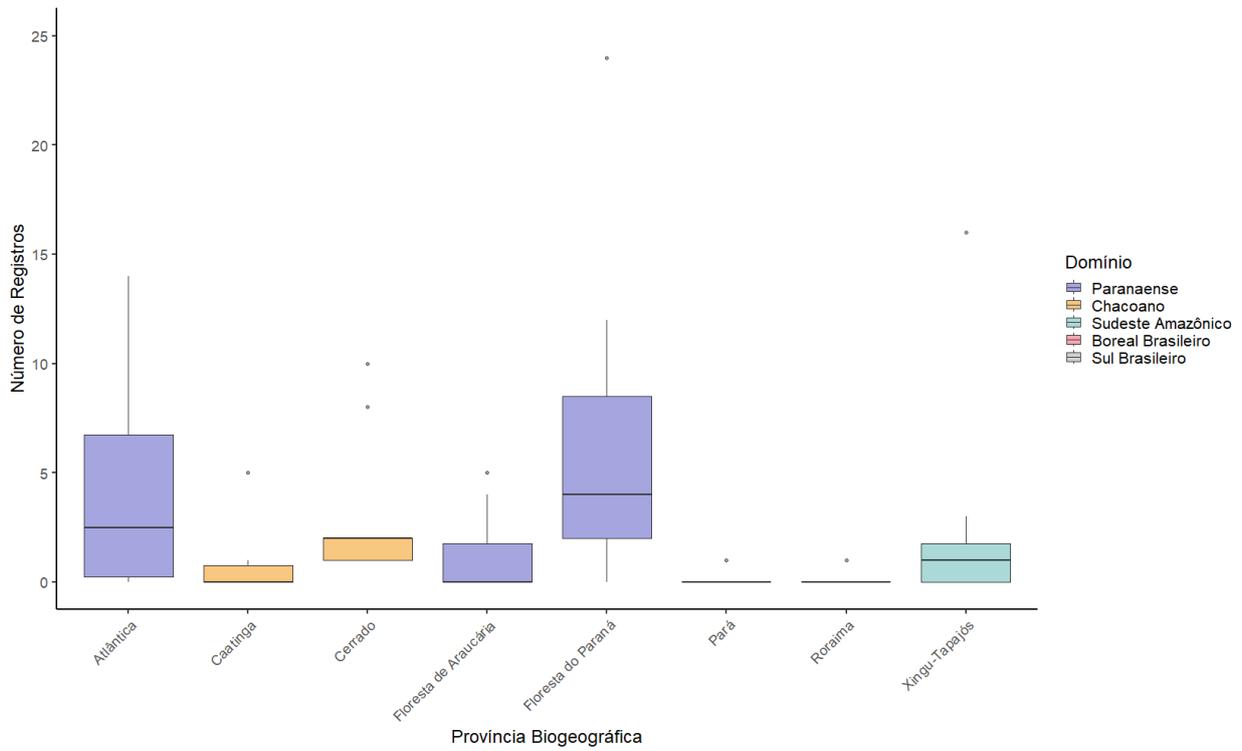


Figura 62. Boxplot comparando o número de registros de espécies TFs entre as Províncias biogeográficas propostas por Morrone (2014).

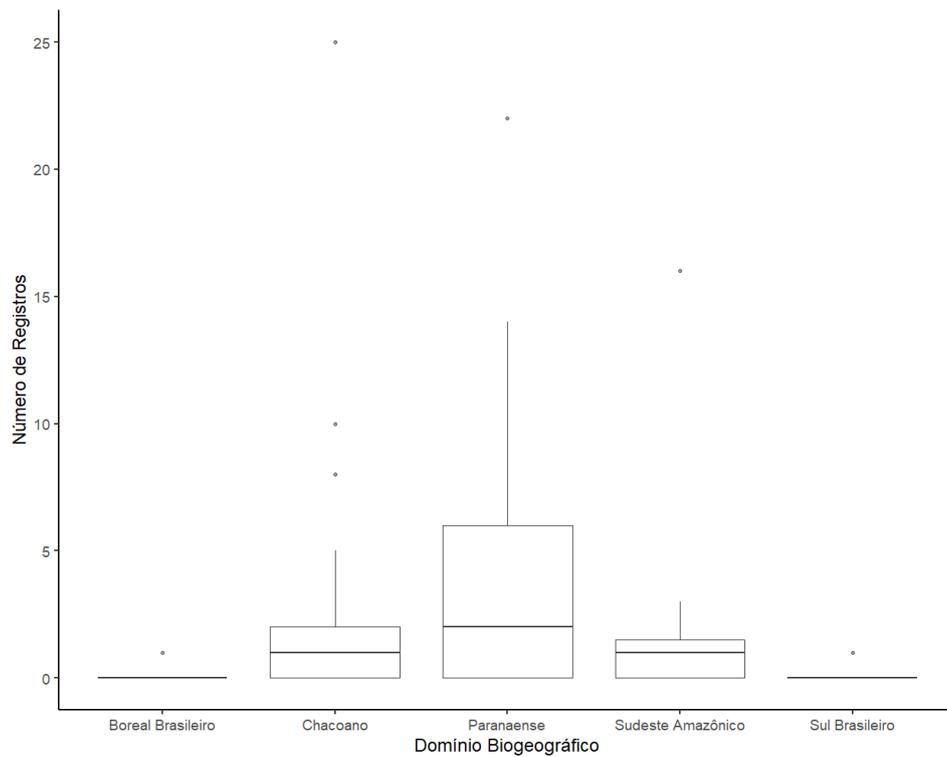


Figura 63. Boxplot comparando o número de registros de espécies TFs entre os Domínios biogeográficos propostos por Morrone (2014).

4.4. Negligenciamento dos troglófilos

Avaliando-se o retorno em pesquisas, nas bases de dados mencionadas no tópico 3.1, com e sem a utilização de palavras-chave ou filtros sobre “troglophile” e/ou “troglophilics” ficou perceptível a discrepância de retornos obtidos quanto a artigos. Por exemplo, na plataforma “Periódicos CAPES”, procurando por termos como “caves”, “inventory”, “hypogean” e “Brazil” (Figura 63) obteve-se um retorno de 527 resultados. Ao se aplicar os filtros e parâmetros das Figuras 1 e 2, para enfocar a busca por trabalhos com menção à classificação de Schiner-Racovitza, os resultados decaem para 101 retornos (aproximadamente 19% do resultado inicial), como observado nas Figuras 65. Ao analisar estes retornos e reunir com os de outras bases apenas 45 bibliografias foram possíveis de serem utilizadas (cerca de 8% da pesquisa sem filtros e 44% com os filtros, Figura 67).

Filtros de busca

Qualquer campo ▾ contém ▾ **caves**

E ▾ Qualquer campo ▾ contém ▾ **Brazil**

E ▾ Qualquer campo ▾ contém ▾ **inventory**

OU ▾ Qualquer campo ▾ contém ▾ **hypogean**

E ▾ Qualquer campo ▾ contém ▾ **Brazil**

E ▾ Qualquer campo ▾ contém ▾ **inventory**

+ ADICIONAR OUTRO CAMPO ↻ LIMPAR

Tipo de material
Todos os itens ▾

Idioma
Qualquer idioma ▾

Data de publicação
data específica ▾

Data Inicial:
01 ▾ 01 ▾ 1996

Data Final:
31 ▾ 12 ▾ 2022

Figura 64. Captura de tela contendo os parâmetros de pesquisa, sem filtragem por TFs. *Fonte: Plataforma CAPES. Captura realizada por Marcus Duarte em 18 de abril de 2023.*

0 selecionado(s) PÁGINA 1 1-10 of 527 Resultados ▾

0 selecionado(s) PÁGINA 1 101 Resultados

Figura 65. Retornos obtidos para as pesquisas sem e com os filtros para troglófilos. *Fonte: Plataforma CAPES. Captura realizada por Marcus Duarte em 18 de abril de 2023.*

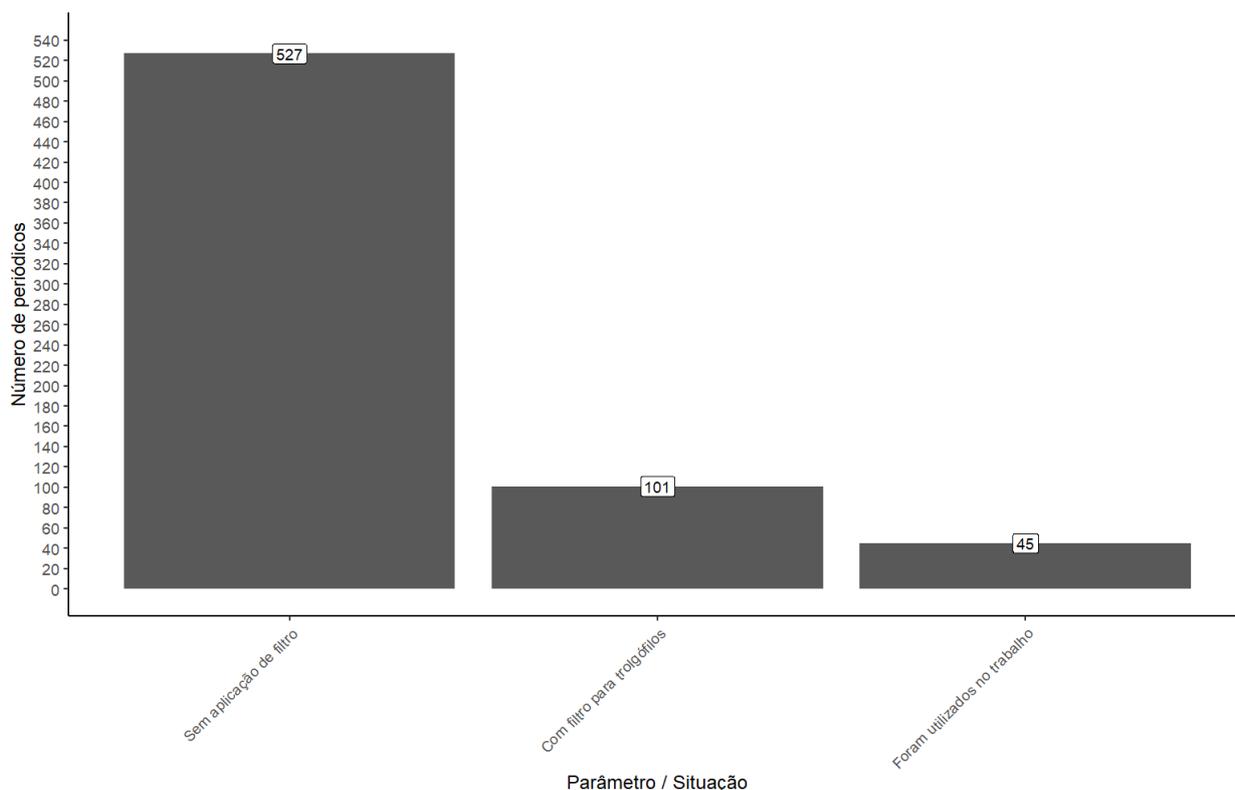


Figura 66. Comparação entre o retorno na plataforma CAPES de periódicos em pesquisas sem aplicação de filtros, com aplicação de filtros para TFs e dos trabalhos que foram efetivamente utilizados na base de dados.

5. DISCUSSÃO

5.1. *Shortfall* Linneano e suas consequências

A deficiência no conhecimento sobre a biodiversidade específica, muitas vezes decorrentes do *shortfall* Linneano que indica impedimento taxonômico e descritivo de novas espécies que levam a discrepâncias entre o número de espécies formalmente descritas e o número real existente (LIMOLINO, 2004), sempre foi considerada um problema para o desenho de reservas ambientais (POLASKY *et al.* 2000; GASTON & RODRIGUES, 2003; BROOKS *et al.* 2004b; FAGAN *et al.* 2005; BRITO, 2010). Este problema tem se agravado cada vez mais, visto que atualmente a própria biodiversidade enfrenta uma crise com ocorrências de extinções em taxas tão altas quanto das cinco extinções em massa da história da Terra (PIMM *et al.* 1995; BRITO, 2010), muito em decorrência de ações antrópicas que aceleraram em cerca de mil vezes tais taxas (PIMM *et al.* 2014; MOREIRA, 2015).

Considerando um cenário otimista, até os dias atuais foram catalogadas e descritos cerca de metade de toda biota existente no mundo (COSTELLO *et al.* 2013; MOREIRA, 2015), portanto os cientistas têm trabalhado com dados incompletos e/ou não representativos que comprometem a capacidade de descrever a biodiversidade e, conseqüentemente,

predizer as mudanças que podem ocorrer com ela no futuro (HORTAL *et al.* 2015).

Além disso, em relação à conservação de espécies, o órgão responsável pela avaliação e categorização de animais em risco de extinção é a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) que só possui dados suficientes para de fato categorizar em níveis de risco, um pouco mais de 3% das espécies terrestres e 2% das aquáticas já descritas (MOREIRA, 2015). Levando em consideração que estas porcentagens são referentes à apenas 50% do que realmente existe na natureza fica explícito o quanto o déficit Linneano tem sido um empecilho para as políticas de conservação das espécies, já que além de haver escassez de dados sobre as espécies disponíveis para IUCN, a mesma só pode avaliar espécies com descrição científica formal (MACE & LANDE, 1991; IUCN, 2001; BRITO, 2010).

Como evidenciado nos resultados do presente estudo, o déficit Linneano tem historicamente afetado o grupo dos troglófilos, principalmente o grupo dos insetos pertencentes às Ordens Diptera, Coleoptera e Orthoptera (ver Figuras 6, 7, 8 e 12). Isso é explicado pelo fato de que essa *shortfall* costuma ser mais acentuada para organismos invertebrados fazendo com que o número de espécies para se descrever sejam muito maiores do que para vertebrados (RAVEN & YEATES, 2007; MOREIRA, 2015). O que acaba sendo preocupante, visto que faz com que os grupos dos artrópodes não sejam totalmente representados nas estimativas de risco de extinção. Por exemplo, como evidenciado na dissertação de Mateus Atadeu Moreira de 2015, que no período de 1500 à 2015 apenas 80 espécies artrópodes haviam sido registradas pela IUCN como extintos, menos de 25% das 338 de vertebrados registradas para o mesmo período. Sendo que o grupo dos artrópodes tem estimativas muito maiores quanto à abundância e riqueza.

Isto está relacionado ao fato de que se espera que as espécies mais abundantes ou com um tamanho corporal maior (como é o caso dos vertebrados) são mais facilmente descobertas e descritas formalmente pela ciência, fazendo com que o déficit Linneano seja mais impactante em organismos de menor tamanho, que possuem menores faixas de distribuição e/ou que são menos complexos fenotipicamente (HORTAL *et al.* 2015). Portanto, as espécies que ainda não foram encontradas e/ou que se encontram com identificação/descrição incompletas são espécies muitas vezes raras ou endêmicas e certamente ameaçadas (MOREIRA, 2015).

Vale ressaltar que o impedimento taxonômico pode levar também à interpretação errônea quanto às principais Ordens representantes dos troglófilos, pois muitas ordens da Classe Insecta que são importantes representantes deste grupo não possuem nos registros grande número de espécies descritas, porém apresentam numerosos morfotipos distribuídos pelo Brasil. Este caso foi visto no presente estudo (Figura 15) para o grupo dos coleópteros e

dípteros que possuem poucas espécies determinadas (sete e uma espécies, respectivamente), porém ao levar em consideração os morfotipos encontram-se entre os cinco maiores representantes. Em contrapartida alguns grupos que se encontram entre os cinco maiores representantes em relação a espécies descritas, quando são avaliadas considerando-se morfotipos sofrem uma queda na representatividade dos TFs do Brasil, como é o caso dos amblipígeos e opiliões (Classe Arachnida) devido ao menor impedimento taxonômico do grupo conjuntamente com maior número de taxonomistas trabalhando com estes grupos para cavernas. Alguns grupos como as aranhas e os colêmbolos, se mantem entre os principais representantes troglófilos em ambas situações, acentuando a importante representatividade desses táxons para a biodiversidade troglófila brasileira.

O fato de o déficit Linneano estar afetando o conhecimento de troglófilos, faz com que ele afete também na definição de cavidades a serem conservadas, visto que muitas vezes os cientistas e órgãos de conservação tem definido áreas conhecendo apenas uma parte da ampla diversidade que pode ali ocorrer (BRITO, 2010; MOREIRA, 2015) e que pode muitas vezes ser endêmica e/ou ameaçada. Sendo necessário pesquisas para elaboração de inventários mais completos de informação sobre os animais cavernícolas e principalmente, sobre o grupo dos TFs.

Atualmente, são conhecidas duas principais abordagens para lidar com esse déficit em discussões sobre conservação a primeira seria a utilização de substitutos ambientais da biodiversidade, tais como diversidade de assembleias, diversidade ambiental, cluster ambiental, entre outros (ARAÚJO *et al.* 2004; BONN & GASTON, 2005; TRAKHTENBROT & KADMON, 2005, respectivamente), porém, apesar de úteis, eles não representam completamente a diversidade do ambiente e possuem limitações, pois a mesma dificilmente se encontra distribuída uniformemente no espaço ambiental (BROOKS *et al.* 2004a; FERRIER *et al.* 2004; RODRIGUES *et al.* 2004, BRITO, 2010). Já a segunda se trata de priorizar e aumentar os estudos de campo para coletar dados de espécies (BROOKS *et al.* 2004b; BRITO, 2010) conjuntamente com o investimento de agências governamentais e não-governamentais em inventários de biodiversidade de alta qualidade antes de projetar redes de áreas protegidas (BRITO, 2010). Esta opção, apesar de mais trabalhosa, exaustiva e de necessitar maiores investimentos, é mais condizente e efetiva para supressão de *shortfalls* tanto Linneano quanto Wallaceano.

Além disso, a taxonomia como área das ciências biológicas é fundamental para combate do déficit aqui discutido, deve receber investimento e incentivos para cativar cada vez mais jovens cientistas, pois nossa ignorância quanto às espécies está diretamente ligada com a falta de investimento e, conseqüentemente, capacidade nesta área do conhecimento (HORTAL *et al.* 2015). De acordo com a dissertação de Moreira (2015):

“...é importante desenvolver formas de atrair mais jovens para trabalhar com taxonomia, investir recursos em sua formação e continuar criando e investindo em programas de pesquisa como o PPBio (Programa de Pesquisa em Biodiversidade) e o Protax (Programa de capacitação em taxonomia), programas de pesquisa em biodiversidade que há anos ajudam a descrever novas espécies.”

Mas não somente isso, é interessante também a proposição de trabalhos que visem mesclar análises morfológicas, genéticas e molecular para romper as barreiras impostas pelo impedimento taxonômico e conseguir superar o déficit. Por exemplo, o estudo de Jing-Ni Li e colaboradores de 2021, onde eles utilizaram da mesclagem entre dados moleculares e morfológicos para identificação de sete espécies novas e 16 putativas do Gênero de aranha *Ectatosticta* que, desde 2008, só havia uma espécie registrada.

Ainda, ferramentas atuais como bases e bancos de dados (por exemplo o *Catalogue of Life*, o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira e o *Global Biodiversity Information Facility*), têm se mostrado como úteis para combater e minimizar os vieses taxonômicos não somente para os troglófilos, mas para dados de biodiversidade de uma maneira geral. Além de possuírem potencial de aumentar consideravelmente os dados de biodiversidade tropical (COLLEN *et al.* 2008; HORTAL *et al.* 2015). Logo, a utilização de tais ferramentas e tecnologias podem ser aliados essenciais nas pesquisas científicas e no âmbito acadêmico para combate de *shortfalls*.

Por fim, Brito (2010) propõe em seu trabalho que é crucial que os cientistas direcionem suas pesquisas para áreas que possuem deficiência de dados conhecida, pois isso, provavelmente, resultará na descoberta de espécies novas para a ciência, visto que é mais provável que ali existam organismos que ainda não foram descobertos e/ou reconhecidos no âmbito científico.

É fundamental que a comunidade científica, conjuntamente com os órgãos financiadores e os tomadores de decisão, trabalhem juntos de forma a realizar planejamentos que consigam contornar o déficit Linneano e certificar que tanto as novas áreas de preservação, quanto as já estabelecidas possuam representatividade efetiva e manejos adequados à conservação da biodiversidade ali presente (MOREIRA, 2015).

5.2. Os troglófilos e a história

A história das espécies TFs no Brasil está intrinsecamente ligada com a história da taxonomia, da ciência e, é claro, com a bioespeleologia. Sendo que o troglófilo mais antigo, quando se trata de data de descrição, foi descrito pelo sueco Karl von Linné (1707-1778), vulgo *Carolus Linnaeus*, criador da nomenclatura binomial das espécies e considerado por

muitos o pai da taxonomia. Trata-se da conhecida aranha-de-teia-doura *Trichonephila clavipes*, descrita em 1767, mas que só foi registrada como habitando em cavidades e sendo um troglófilo posteriormente, devido ao fato de que estudos sobre aranhas de cavernas só começaram a aparecer a partir de 1870 com o francês Eugène Simon, e o primeiro registro de aranha cavernícola no Brasil só ocorreu em 1968 com coletas de Pierre Strinati na Gruta da Tapagem no município de Eldorado em São Paulo (CIZAUSKAS, 2017).

O mesmo ocorre para uma série de outras espécies que foram descritas a bastante tempo, mas só posteriormente observadas em habitats subterrâneos e registradas como troglófilas. Isto porque, até metade do século XX, a bioespeleologia, não só do Brasil, mas da América do Sul como um todo, era suportada restritamente por descrições de táxons espalhados pelo continente. Isso passou a mudar somente com intensificação dos estudos na área a partir de 1950 (TRAJANO & BICHUETTE, 2006)

Conforme citado no livro “Fauna cavernícola do Brasil”, de Robson de Almeida Zampaulo e Xavier Prous (2022), foi a partir de 1990 que os primeiros laboratórios e linhas de pesquisa na área de bioespeleologia se consolidaram, principalmente com a Profª Drª Eleonora Trajano e os doutores Prof. Dr. Pedro Gnaspini e Prof. Dr. Ricardo Pinto-da-Rocha, que foram os pilares precursores no país, e posteriormente por renomados cientistas que surgiram na área como Profª Drª Maria Elina Bichuette, Prof. Dr. Rodrigo Lopes Ferreira, Drª Leila Aparecida Souza, entre outros (TRAJANO & BICHUETTE, 2006; ZAMPAULO & PROUS, 2022). Assim, os estudos, levantamentos e descrições começaram a se expandir, o que é corroborado, pelo menos para os TFs, visto que eles mostram um aumento tanto no número de coleta de espécimes que futuramente seriam tratados como material-tipo, quanto no número de descrição de espécies desse grupo a partir dessa data.

Outra importante mudança na área destacada pelo mesmo livro foi a mudança na constituição em 2008, a partir do decreto número 6.640, sobre a pesquisa e exploração de cavernas no Brasil. Os resultados mostram um grande aumento na média da descrição de espécies troglófilas, e também da coleta de material-tipo, a partir deste ano. Porém, é errôneo atribuir isto somente à mudança na legislação, pois pegando como exemplo a descrição de novas espécies, só houve aumento significativo a partir de 2020, 12 anos após a publicação do decreto, isto certamente está associado também ao desenvolvimento e expansão das linhas de pesquisa, conjuntamente com o surgimento e aperfeiçoamento de novas técnicas aplicáveis à descrição e com a formação de profissionais especializados que descreveram várias novas espécies para certos grupos, como, por exemplo, os pesquisadores Dr. Antônio Brescovit, Dr. Douglas Zeppelin e Dr. Ivanklin Campos-Filho.

Por fim, como foi visto neste trabalho muitas espécies novas estão sendo descritas, principalmente a partir de 2020, porém é necessário um reforço nas políticas de conservação,

pois ao invés de ocorrer uma expansão de áreas protegidas no país para abrigar estas novas espécies, tem-se reduzido ou degradado algumas áreas protegidas (BERNARD *et al.* 2014; MOREIRA, 2015) em decorrência de flexibilizações na legislação como, por exemplo, o nº 10.935 publicado em janeiro de 2022 sobre as cavidades naturais subterrâneas, que revogou normativas anteriores e reduziu os mecanismos de proteção para as cavernas brasileiras.

5.3. Shortfall Wallaceano e as consequências das discrepâncias no conhecimento da distribuição de espécies

Para a criação de unidades e reservas de conservação, e eventual proteção da biodiversidade é providencial não somente catalogar o máximo possível de espécies vivas, mas também compreender e registrar suas distribuições geográficas e biogeográfica (BRITO, 2010; MOREIRA, 2015). Já que o conhecimento da composição faunística, conjuntamente com a distribuição e possível nicho ecológico das espécies, tem ação fundamental na elaboração de hipóteses biogeográficas e macroecológicas e para subsidiar ações efetivas de conservação (HORTAL *et al.* 2015).

Logo, lacunas e vieses no conhecimento sobre tais distribuições, cientificamente denominados como o déficit Wallaceano (LIMOLINO, 2004; HORTAL *et al.* 2015) atuam como impedimento na aplicação de políticas de proteção adequadas, pois podem levar a padrões espaciais distorcidos de biodiversidade (HORTAL *et al.* 2007; BOAKES *et al.* 2010; BALLESTEROS-MEJIA *et al.* 2013; YANG *et al.* 2013).

A existência de regiões que são mais bem amostradas do que outras é praticamente inevitável, devido às diferenças gritantes na capacidade científica e acessibilidade entre países e regiões (RODRIGUES *et al.* 2010; HORTAL *et al.* 2015). Isto é ainda mais acentuado para Florestas Tropicais (KIER *et al.* 2005; COLLEN *et al.* 2008; OLIVEIRA *et al.* 2016) em decorrência de três fatores principais que são o fato de a região abrigar a maior parte da biodiversidade do planeta, combinado com a falta de investimentos e recursos na área de taxonomia e o crescimento desenfreado da destruição de habitats naturais antes mesmos que estes possam ser estudados e compreendidos (OLIVEIRA *et al.* 2016).

No caso do Brasil não é diferente, pois além de ser um país cujo território ainda tem muito que ser descoberto, ele tem muitas áreas que são historicamente melhor exploradas do que outras (PIMM *et al.* 2010; CAMPOS *et al.* 2014; MOREIRA, 2015), como evidenciado também para as cavernas. Por exemplo, a região do Vale do Ribeira, possui catalogação e distribuição de espécies exaustivamente conhecidas e registradas, enquanto outras quase não são encontrados registros de espécies (BICHUETTE *et al.* 2019) os resultados deste trabalho reforçam que isso também é visto para o caso dos TFs.

Além de quase metade dos estados federativos (14 dos 27 estados) e de muitas Províncias biogeográficas (seis das 14 propostas por Morrone) não possuírem nenhum registro de espécies troglófilas, as localidades que possuem espécies registradas ainda assim apresentam diferenças significativas ($p < 0.05$) em relação a distribuição de TFs entre as Províncias e Domínios biogeográficos, evidenciando vieses de registros, com algumas regiões apresentando grande riqueza e outras escassez.

Considerando apenas as Províncias com presença de registros de espécies, as que apresentam maior escassez em relação à riqueza são: a Província do Pará localizada a noroeste do país, que abrange a região nordeste do estado do Pará e a região norte dos estados do Maranhão e Piauí, e é delimitada pelos rios Tocantins e Araguaia no norte e oeste, pela Serra do Gurupi em conjunto com o rio Grajau no sul e pelo rio Guana no leste; a Província de Roraima localizada no extremo norte do Brasil e em outros países da América do Sul como Venezuela, Suriname e Guiana, e que abrange no Brasil o sul do estado de Roraima, noroeste do Pará, norte do Amazonas e sul do Amapá; e a Província da Caatinga, localizada no nordeste do país, nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (MORRONE, 2011, 2014).

Talvez adicionar os mapas das regiões biogeográficas (Depois de Tudo e se der tempo)

No caso das Províncias do Pará e de Roraima, a escassez de registro de troglófilos provavelmente decorre da dificuldade de acesso em locais remotos, particularmente em florestas tropicais de grande extensão (MOERMAN & ESTABROOK, 2006; BOAKES *et al.* 2010; OLIVEIRA *et al.* 2016), como é o caso da Amazônia na qual 40% de sua extensão nunca foi pesquisada (BUSH & LOVEJOY, 2007; HORTAL *et al.* 2015). Esta falta de dados para a floresta amazônica é preocupante, pois ela, assim como outras florestas tropicais, é um *hotspots* de biodiversidade, abrigando cerca de 50% de toda diversidade biológica do planeta, mesmo ocupando somente 2% dele (COLLEN *et al.* 2008), e reforça a ideia de Laurance (2005) de que esta falta de conhecimento biogeográfico pode ser considerada a principal justificativa para a necessidade de grandes reservas na Amazônia (BINI *et al.* 2006).

Já para a Caatinga, a falta de registros possivelmente é em decorrência de que florestas sazonalmente secas brasileiras, desde o princípio, são historicamente negligenciadas por taxonomistas e biogeógrafos, devido à dificuldade em se coletar nestes ambientes (SANTOS *et al.* 2011; OLIVEIRA *et al.* 2016), logo é providencial que existam mais investimentos em pesquisas não só na área de bioespeleologia, mas de taxonomia e

biogeografia para a região.

Tratando-se das regiões com maior riqueza de TFs registrados, o sudeste do país recebe destaque com: a Província da Floresta do Paraná, presente no sudeste dos estados de São Paulo e Minas Gerais e no norte do estado do Paraná e do Rio Grande do Sul; a Província Atlântica recobre toda costa brasileira ao leste da cordilheira costeira, e abrange os litorais de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba; e a Província da Floresta de Araucária mais ao sul do país e norte da Argentina entre altitudes de 600 a 1800 metros, sendo que para o Brasil ela abrange a porção restante do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MORRONE, 2011, 2014).

É importante destacar que muito da riqueza de troglófilos dessa região do Vale do Ribeira está intrinsicamente ligado a três fatores principais, o primeiro é relacionado às características geomorfológicas do local conjuntamente com o fato de que na região ocorre a junção de três Províncias e biogeográficas diferentes, o que garante numerosas cavernas e diferentes habitats para propiciar diferenciação e especiação. O segundo fator é de que pesquisadores e centros de pesquisas tendem a voltar suas atenções para regiões em que se concentra o padrão de ocupação humana, que no caso do Brasil está concentrado em sua maioria no Sudeste, Sul e Centro do país, levando conseqüentemente a um maior desenvolvimento de pesquisas nestas regiões (CAMPOS *et al.* 2014; MOREIRA, 2015). Já o terceiro deve-se à questão de que a região do Vale do Ribeira foi um dos berços da bioespeleologia no país (TRAJANO & BICHUETTE, 2006), e como os taxonomistas tendem a concentrar seus esforços nas localidades que garantem sucesso de coleta, é de se esperar que estas já bem conhecidas e determinadas sejam historicamente reconhecidas como tendo maiores valores de biodiversidade (DENNIS & THOMAS, 2000; SASTRE & LOBO, 2009; BRITO, 2010). Com isso, os mapas da biodiversidade observada tendem a se assemelhar muito com os mapas de esforço de pesquisa (HORTAL *et al.* 2007; HORTAL *et al.* 2015), destacando a região que teve no decorrer dos anos inúmeras expedições e estudos de levantamento faunístico (TRAJANO & BICHUETTE, 2006).

Além disso, a Província da Floresta do Paraná também possui sua elevada riqueza pelo fato de que parte de sua extensão recobre a região que equivale ao Quadrilátero Ferrífero, um dos principais polos de mineração de Minas Gerais, visto que pelo decreto 6.640 de 2008, as expansões e explorações minerais devem ser acompanhadas de pesquisas e investimentos ao patrimônio espeleológico.

A Província biogeográfica do Cerrado, localizada no Centro-Sul do país, nos estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Piauí e São Paulo (MORRONE, 2011, 2014). Também possui, grande riqueza de TFs, e isto está associado ao recente

desenvolvimento, no final do século XX, de programas de pesquisa, voltadas para expansão agrícola moderna e tecnológica da região, que lavaram à expansão científica da região através da implementação de novos laboratórios e centros de diversas áreas (KLINK & MOREIRA, 2002; BINI *et al.* 2006). Mesmo sendo recente essa expansão, a Província já é a segunda maior em riqueza de espécies, corroborando com a o fato de ser um *hotspot* mundial de biodiversidade (MYERS *et al.* 2000).

Por fim, outra Província de destaque quanto à riqueza de espécies troglófilas é a Xingu-Tapajós, localizada no noroeste do Brasil e abrangendo o norte do Mato Grosso e quase 90% do estado do Pará. Sua riqueza, assim como a da Província da Floresta do Paraná, está diretamente ligada com a exploração de minérios na região de Carajás que se sobrepõem, no quesito espacial, com as maiores concentrações de TFs na região (Figura 68A e 68B). Esta sobreposição espacial mostra também o quão preocupantes e ameaçadoras são as flexibilizações constitucionais, para a proteção das cavidades, pois sem as devidas medidas de proteção diversas espécies troglófilas tem seus habitats ameaçados de supressão por atividades mineradoras.

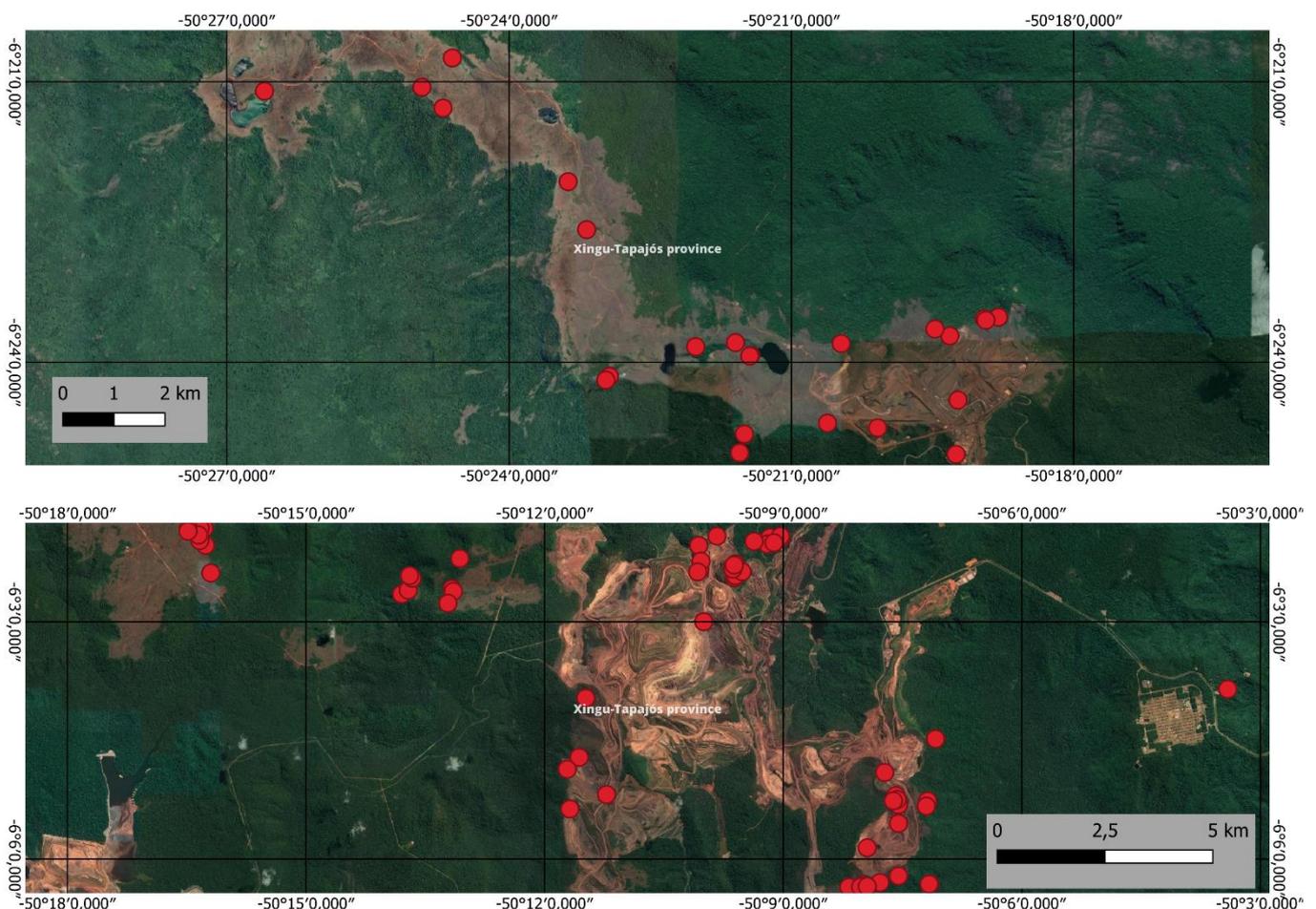


Figura 67. Mapa da região de Carajás no Pará, evidenciando a relação entre localidade de espécies TFs no estado (pontos avermelhados) e a presença de exploração mineral.

Para combater as discrepâncias nos registros das distribuições de espécies, é necessário amenizar o *shortfall* Wallaceano, sendo que o melhor caminho para isso é o mesmo utilizado para o déficit Linneano (discutido no item 5.1), dentre eles o investimento em estudos taxonômicos e em expedições/pesquisas nas regiões que carecem de dados. Além do uso de ferramentas de banco de dados *online* que tem se mostrado úteis para diminuir os impactos desse déficit, facilitando a partir do acesso a grande número de dados o rápido desenvolvimento na análise da relação riqueza-ambiente (YANG *et al.* 2013).

Porém, é necessário cautela na realização de estudos macroecológicos utilizando estas bases, pois pesquisas que utilizam de bancos com fortes vieses geográficos tendem a produzir análises que subestimam os efeitos ambientais, levando a identificações errôneas quanto aos principais determinadores dos padrões de riqueza, e a previsões espaciais equivocadas (Yang *et al.* 2013). Logo, estudos desse escopo devem considerar as consequências diretas do déficit Wallaceano no conhecimento da biodiversidade e só serem feitos utilizando-se de dados de regiões bem amostradas (YANG *et al.* 2013; OLIVEIRA *et al.* 2016).

5.4. Um possível novo *shortfall* para organismos subterrâneos

Trajano & Bessi (2017) destacam que, classificações equivocadas dos organismos subterrâneos afetam e comprometem diretamente nas políticas de preservação do patrimônio espeleológico, e, portanto, é imprescindível a aplicação de uma classificação minimamente criteriosa e confiável para os organismos seguindo a classificação Schiner-Racovitza (1907), e com aplicações de metodologias confiáveis e comparativas.

Porém, nossos resultados ainda demonstram que a categoria dos troglófilos vem sendo historicamente negligenciados em levantamentos e listas faunísticas, muito em decorrência do que já foi levantado na introdução, quanto à dificuldade da identificação dos organismos nesse grupo, visto que a separação entre troglófilos e troglófilos são de natureza ecológica (diferente do que ocorrem entre eles e os troglóbios, com uma base evolutiva resultante de diferenciação genética) e muito relacionada à disponibilidade de alimento e capacidade de obtenção do mesmo (TRAJANO & BESSI, 2017).

Muitos organismos com populações troglófilas em cavernas com recursos alimentares escassos, podem se estabelecer como troglófilos em situações de melhora do aporte energético dentro da cavidade, portanto muitas espécies não são troglófilas mas formam, em condições favoráveis, populações troglófilas (ver TRAJANO & BESSI, 2017). Logo, para aplicação de uma classificação sem vieses, é necessário realização de estudos

populacionais de longo prazo ou com abordagem bionômica (TRAJANO & BESSI, 2017) e coletas extensivas tanto do hipógeo quanto do epígeo para identificação de indivíduos em todos os estágios de vida em ambos ambientes, isto demanda muitos recursos financeiros para inventários para análises robustas em laboratório.

Outro fator que pode estar ligado com o negligenciamento deste grupo é o fato de que pelo Decreto 6.640, apenas organismos troglóbios garantem *status* de relevância máxima para proteção das cavidades, e troglógenos obrigatórios *status* de relevância alta (TRAJANO & BESSI, 2017). Isto passa uma falsa impressão de que os troglófilos não são importantes para os habitats subterrâneos e para preservação dos patrimônios espeleológicos.

Sendo o oposto: estudos que buscam entender a origem de troglóbios, mostram na maioria dos modelos propostos que eles se originam a partir de populações inicialmente troglófilas que se isolaram no ambiente subterrâneo (TRAJANO & BESSI, 2017), portanto, é essencial a preservação e compreensão destas populações. Além disso, os TFs são extremamente importantes para manutenção do fluxo gênico entre o meio epígeo e o hipógeo, e como elementos-chave na preservação de espécies cujas meta-populações epígeas são pouco abundantes e/ou ameaçadas, podendo agir como futuros recolonizadores do meio superficial em caso de desaparecimento destas meta-populações (TRAJANO & BESSI, 2017).

Logo, a ausência da classificação dos organismos, principalmente dos TFs, nas listas e inventários faunísticos de cavernas pode futuramente, se não já no presente, atuar como um déficit no conhecimento da biodiversidade para cavidades e conseqüentemente conservação das mesmas. Porém, para a proposição de um novo *shortfall* são necessários mais estudos a longo prazo, com enfoque principalmente no impacto que o negligenciamento pode gerar sobre as análises de nicho e de modelagem ecológica para os ambientes subterrâneos.

6. CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no presente estudo e nos resultados obtidos conclui-se que as populações como troglófilas possuem uma considerável riqueza e abundância para todo o Brasil e são importantes constituintes das comunidades subterrâneas, tendo como principais representantes os aracnídeos (Classe Arachnida), com destaque para as aranhas (Ordem Araneae), e os insetos (Classe Insecta). Além disso, confirmamos que os défices clássicos relacionados à classificação de espécies (Linneano) e distribuição delas (Wallaceano) tem impactado os estudos com as espécies TFs e gerado conseqüências no conhecimento da diversidade destas.

Ainda, foi evidenciado um aumento gradativo no registro de espécies no decorrer dos anos, principalmente a partir de 2000, e que este aumento está ligado com o surgimento e a expansão dos laboratórios e centros de pesquisa científicas no Brasil, tanto da área da taxonomia, quanto da área da Bioespeleologia. Também verificou-se que ferramentas tecnológicas atuais, como bases de dados *online* tem ajudado na amenização desses défices, podendo ser uma ferramenta nos estudos taxonômicos, ecológicos e evolutivos.

Por fim, discutimos um possível novo *shortfall* proveniente da dificuldade da classificação dos organismos no sistema Schiner-Racovitza e que tem levado ao negligenciamento dos troglófilos em inventários faunísticos, o que pode impactar em futuros estudos sobre a fauna subterrânea. Assim, estudos ecológicos populacionais de longo prazo são necessários para verificar sua existência, entender com mais detalhes os motivos, e avaliar os possíveis impactos desse novo déficit aqui mencionado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A TEORIA DE TUDO. Direção: James Marsh. Produção de Tim Bevan, Eric Fellner e Anthony McCarten. Reino Unido: Universal, 2015. DVD.

ARAÚJO, M. B.; DENSHAM, P. J.; WILLIAMS, P. H. Special Paper: Representing Species in Reserves from Patterns of Assemblage Diversity. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 7, p. 1037–1050, 2004.

BALLESTEROS-MEJIA, L.; KITCHING, I. J.; JETZ, W.; NAGEL, P.; BECK, J. Mapping the biodiversity of tropical insects: species richness and inventory completeness of African sphingid moths. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 5, p. 586–595, maio 2013.

BARR, T. C. Cave Ecology and the Evolution of Troglóbites. *Em*: **Evolutionary Biology**. Boston, MA: Springer US, 1968. p. 35–102.

BASSINI-SILVA, R.; ZAMPAULO, R. A.; WELBOURN, C.; OCHOA, R.; BRESCOVIT, A. D.; BARROS-BATTESTI, D. M.; JACINAVICIUS, F. C. A new genus and two new species of chigger mites (Trombidiformes: Leeuwenhoekiidae) from Brazilian caves with notes about the genus *Whartonia* Ewing, 1944. **Journal of Natural History**, v. 56, n. 29–32, p. 1297–1313, 2022.

BEDOYA-ROQUEME, E.; TIZO-PEDROSO, E.; BARBIER, E.; DE ARAUJO LIRA, A. F. A new cave-dwelling Maxcheres Feio, 1960 (Pseudoscorpiones: Chernetidae) from Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, 2021.

BERNARD, E.; PENNA, L. A. O.; ARAÚJO, E. Downgrading, Downsizing, Degazettement,

and Reclassification of Protected Areas in Brazil. **Conservation Biology**, v. 28, n. 4, p. 939–950, ago. 2014.

BERTANI, R.; VON SCHIMONSKY, D. M.; GALLÃO, J. E.; BICHUETTE, M. E. Four new troglomorphic species of *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832: Contributions to the knowledge of recluse spiders from Brazilian caves (Araneae, Sicariidae). **ZooKeys**, v. 2018, n. 806, p. 47–72, 2018.

BICHUETTE, M. E.; NASCIMENTO, A. R.; VON SCHIMONSKY, D. M.; GALLÃO, J. E.; RESENDE, L. P. A.; ZEPON, T. Fauna terrestre da maior cavidade em granito do Hemisfério Sul, sudeste do Brasil: Um habitat negligenciado. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 12, n. 2, p. 75–90, 2017.

BICHUETTE, M. E.; SIMÕES, L. B.; ZEPON, T.; VON SCHIMONSKY, D. M.; GALLÃO, J. E. Richness and taxonomic distinctness of cave invertebrates from the northeastern state of Goiás, central Brazil: A vulnerable and singular area. **Subterranean Biology**, v. 29, p. 1–33, 2019.

BICHUETTE, M. E.; TRAJANO, E. Diversity of *Potamolitus* (Littorinimorpha, Truncatelloidea) in a high-diversity spot for troglobites in southeastern Brazil: Role of habitat fragmentation in the origin of subterranean fauna, and conservation status. **Subterranean Biology**, v. 25, p. 61–88, 2018.

BINI, L. M.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RANGEL, T. F. L. V. B.; BASTOS, R. P.; PINTO, M. P. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Diversity and Distributions**, v. 12, n. 5, p. 475–482, set. 2006.

BOAKES, E. H.; MCGOWAN, P. J. K.; FULLER, R. A.; CHANG-QING, D.; CLARK, N. E.; O'CONNOR, K.; MACE, G. M. Distorted Views of Biodiversity: Spatial and Temporal Bias in Species Occurrence Data. **PLoS Biology**, v. 8, n. 6, p. e1000385, 1 jun. 2010.

BONN, A.; GASTON, K. J. Capturing biodiversity: selecting priority areas for conservation using different criteria. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, n. 5, p. 1083–1100, maio 2005.

BRASIL. Decreto Nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto nº 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2008.

BRESCOVIT, A. D.; CIZAUSKAS, I.; MOTA, L. P. Seven new species of the spider genus *Ochyrocera* from caves in floresta nacional de carajás, PA, Brazil (araneae, ochyroceratidae). **ZooKeys**, v. 2018, n. 726, p. 87–130, 2018.

BRESCOVIT, A. D.; CIZAUSKAS, I.; POLOTOW, D. A New Species of the Spider Genus *Parabatinga* Polotow and Brescovit, 2009 (Araneae: Ctenidae), from the Brazilian Amazonia. **Taxonomy**, v. 2, n. 2, p. 244–254, 15 jun. 2022.

BRESCOVIT, A. D.; ZAMPAULO, R. de A.; PEDROSO, L. M.; CIZAUSKAS, I. Four new species of the genus *Ochyrocera* (Araneae, Ochyroceratidae) from iron caves of the state of Minas Gerais, with the description of the third anophthalmic species from Brazil. **Subterranean Biology**, v. 41, p. 43–68, 2021.

BRITO, D. Overcoming the Linnean shortfall: Data deficiency and biological survey priorities. **Basic and Applied Ecology**, v. 11, n. 8, p. 709–713, dez. 2010.

BRITO, R. A.; LIMA, E. C. A.; ZEPPELINI, D. Three new species of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) from Brazil. **Zootaxa**, v. 4700, n. 4, p. 401–430, 26 nov. 2019.

BROOKS, T.; DA FONSECA, G. A. B.; RODRIGUES, A. S. L. Species, Data, and Conservation Planning. **Conservation Biology**, v. 18, n. 6, p. 1682–1688, dez. 2004a.

BROOKS, T. M.; DA FONSECA, G. A. B.; RODRIGUES, A. S. L. Protected Areas and Species. **Conservation Biology**, v. 18, n. 3, p. 616–618, 2004b.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; DA FONSECA, G. A. B.; GERLACH, J.; HOFFMANN, M.; LAMOREUX, J. F.; MITTERMEIER, C. G.; PILGRIM, J. D.; RODRIGUES, A. S. L. Global Biodiversity Conservation Priorities. **Science**, v. 313, n. 5783, p. 58–61, 7 jul. 2006.

BUSH, M.; LOVEJOY, T. E. Amazonian conservation: pushing the limits of biogeographical knowledge. **Journal of biogeography**, v. 34, n. 8, p. 1291–1293, 2007.

CAMPOS, F. S.; BRITO, D.; SOLE, M. Diversity patterns, research trends and mismatches of the investigative efforts to amphibian conservation in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 1873–1886, dez. 2014.

CAMPOS-FILHO, I. S.; FERNANDES, C. S.; CARDOSO, G. M.; BICHUETTE, M. E.; AGUIAR, J. O.; TAITI, S. New species and new records of terrestrial isopods (Crustacea, isopoda, oniscidea) of the families philosciidae and scleropactidae from Brazilian caves. **European Journal of Taxonomy**, v. 2020, n. 606, p. 1–38, 20 fev. 2020.

CASTRO-SOUZA, R. A.; ZEFA, E.; FERREIRA, R. L. New troglobitic and troglophilic syntopic species of *Endecous* (Orthoptera, Grylloidea, Phalangopsidae) from a Brazilian cave: A case of sympatric speciation? **Zootaxa**, v. 4810, n. 2, p. 271–304, 10 jul. 2020.

CECAV. **Planilha de Dados: Anuário Espeleológico de 2021** 2021. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjNvgjcX8AhVoK7kGH1oDqEQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.icmbio.gov.br%2Fcecav%2Fimages%2Fstories%2Fdownloads%2FAnuario%2FPlanilha_de_dados%2FCECAV_-_Anuario_Espeleo_2021_-_Planilha_de_Dados.xls&usg=AOvVaw3Ahbx63qLkR4AdOA1y1IL8>. Acesso em: 12 jan. 2023.

CECAV. **Relatório Anual 2021**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

CHAGAS, A.; BICHUETTE, M. E. A synopsis of centipedes in Brazilian caves: Hidden species

diversity that needs conservation (Myriapoda, Chilopoda). **ZooKeys**, v. 2018, n. 737, p. 13–56, 2018.

CIPOLA, N. G.; OLIVEIRA, J. V. L. C.; BELLINI, B. C.; FERREIRA, A. S.; LIMA, E. C. A.; BRITO, R. A.; STIEVANO, L. C.; SOUZA, P. G. C.; ZEPPELINI, D. Review of eyeless *Pseudosinella* Schäffer (Collembola, entomobryidae, and lepidocyrtinae) from Brazilian caves. **Insects**, v. 11, n. 3, 1 mar. 2020.

COLLEN, B.; RAM, M.; ZAMIN, T.; MCRAE, L. The Tropical Biodiversity Data Gap: Addressing Disparity in Global Monitoring. **Tropical Conservation Science**, v. 1, n. 2, p. 75–88, 1 jun. 2008.

CONCEIÇÃO, P. H. S.; PEPATO, A. R. New species and occurrences os uropodina mites (MESOSTIGMATA) from brazilian caves. **Acarina**, v. 29, n. 2, p. 247–256, 2021.

COSTELLO, M. J.; MAY, R. M.; STORK, N. E. Can We Name Earth’s Species Before They Go Extinct? **Science**, v. 339, n. 6118, p. 413–416, 25 jan. 2013.

DEANS, A. R.; LEWIS, S. E.; HUALA, E.; ANZALDO, S. S.; ASHBURNER, M.; BALHOFF, J. P.; BLACKBURN, D. C.; BLAKE, J. A.; BURLEIGH, J. G.; CHANET, B.; COOPER, L. D.; COURTOT, M.; CSÖSZ, S.; CUI, H.; DAHDUL, W.; DAS, S.; DECECCHI, T. A.; DETTAI, A.; DIOGO, R.; DRUZINSKY, R. E.; DUMONTIER, M.; FRANZ, N. M.; FRIEDRICH, F.; GKOUTOS, G. v.; HAENDEL, M.; HARMON, L. J.; HAYAMIZU, T. F.; HE, Y.; HINES, H. M.; IBRAHIM, N.; JACKSON, L. M.; JAISWAL, P.; JAMES-ZORN, C.; KÖHLER, S.; LECOINTRE, G.; LAPP, H.; LAWRENCE, C. J.; LE NOVÈRE, N.; LUNDBERG, J. G.; MACKLIN, J.; MAST, A. R.; MIDFORD, P. E.; MIKÓ, I.; MUNGALL, C. J.; OELLRICH, A.; OSUMI-SUTHERLAND, D.; PARKINSON, H.; RAMÍREZ, M. J.; RICHTER, S.; ROBINSON, P. N.; RUTTENBERG, A.; SCHULZ, K. S.; SEGERDELL, E.; SELTMANN, K. C.; SHARKEY, M. J.; SMITH, A. D.; SMITH, B.; SPECHT, C. D.; SQUIRES, R. B.; THACKER, R. W.; THESSSEN, A.; FERNANDEZ-TRIANA, J.; VIHINEN, M.; VIZE, P. D.; VOGT, L.; WALL, C. E.; WALLS, R. L.; WESTERFELD, M.; WHARTON, R. A.; WIRKNER, C. S.; WOOLLEY, J. B.; YODER, M. J.; ZORN, A. M.; MABEE, P. Finding Our Way through Phenotypes. **PLoS Biology**, v. 13, n. 1, p. e1002033, 6 jan. 2015.

DENNIS, R. L. H.; THOMAS, C. D. Bias in Butterfly Distribution Maps: The Influence of Hot Spots and Recorder’s Home Range. **Journal of Insect Conservation**, v. 4, n. 2, p. 73–77, 2000.

FAGAN, W. F.; KENNEDY, C. M.; UNMACK, P. J. Quantifying rarity, losses, and risks for native fishes of the lower Colorado river basin: Implications for conservation listing. **Conservation Biology**, v. 19, n. 6, p. 1872–1882, dez. 2005.

FERNANDES, C. S. **Morfometria geométrica de populações subterrâneas e epígeas dos caranguejos de água doce do gênero *Aegla* Leach 1820, (Crustacea: Anomura: Aeglidae) no Vale do Ribeira, Iporanga, SP.** 2011. Universidade Federal de São Carlos

(UFSCar), São Carlos, 2011.

FERNANDES, C. S.; BATALHA, M. A.; BICHUETTE, M. E. Does the Cave Environment Reduce Functional Diversity? **PLOS ONE**, v. 11, n. 3, p. e0151958, 22 mar. 2016.

FERNANDES, C. S.; BICHUETTE, M. E.; BUENO, S. L. de S. Distribution of cave-dwelling *Aegla* spp. (Decapoda: Anomura: Aeglididae) from the Alto Ribeira karstic area in southeastern Brazil based on geomorphological evidence. **Journal of Crustacean Biology**, v. 33, n. 4, p. 567–575, 1 jan. 2013.

FONSECA-FERREIRA, R.; ZAMPAULO, R. de A.; GUADANUCCI, J. P. L. Diversity of iron cave-dwelling mygalomorph spiders from Pará, Brazil, with description of three new species (Araneae). **Tropical Zoology**, v. 30, n. 4, p. 178–199, 2 out. 2017.

FRANCO, L. J. de A. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade. **História (São Paulo)**, v. 32, n. 2, p. 21–48, 2013.

GALLÃO, J. E.; BICHUETTE, M. E. Taxonomic distinctness and conservation of a new high biodiversity subterranean area in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 209–217, 1 mar. 2015.

GALLÃO, J. E.; BICHUETTE, M. E. Brazilian obligatory subterranean fauna and threats to the hypogean environment. **ZooKeys**, v. 746, p. 1–23, 2018.

GASTON, K. J.; RODRIGUES, A. S. L. Reserve Selection in Regions with Poor Biological Data. **Conservation Biology**, v. 17, n. 1, p. 188–195, 2003.

GIBERT, J.; DEHARVENG, L. Subterranean Ecosystems: A Truncated Functional Biodiversity. **BioScience**, v. 56, n. 6, p. 473–481, 1 jun. 2002.

GLEASON, H. A. The Individualistic Concept of the Plant Association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 53, n. 1, p. 7, jan. 1926.

GONZALEZ-FILHO, H. M. O.; FONSECA-FERREIRA, R.; BRESCOVIT, A. D.; GUADANUCCI, J. P. L. Taxonomy of the genus *Cyrtogramomma* Pocock, 1895 (Araneae, Mygalomorphae, Theraphosidae) with a description of a new species from Brazil. **Zoosystematics and Evolution**, v. 98, n. 2, p. 181–199, 2022.

HANSKI, I.; OVASKAINEN, O. The metapopulation capacity of a fragmented landscape. **Nature**, v. 404, n. 6779, p. 755–758, abr. 2000.

HORTAL, J.; DE BELLO, F.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; LEWINSOHN, T. M.; LOBO, J. M.; LADLE, R. J. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, p. 523–549, 4 dez. 2015.

HORTAL, J.; LOBO, J. M.; JIMENEZ-VALVERDE, A. Limitations of Biodiversity Databases: Case Study on Seed-Plant Diversity in Tenerife, Canary Islands. **Conservation Biology**, v. 21, n. 3, p. 853–863, 13 jun. 2007.

HOWARTH, F. G. Ecology of Cave Arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 28, n. 1,

p. 365–389, jan. 1983.

IUCN. (2001). *IUCN Red List categories and criteria: Version 3.1*. Gland: IUCN Species Survival Commission.

JUBERTHIE, C. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. *Em: WILKENS, H.; CULVER, D. C.; HUMPHREYS, W. F. Ecosystems of the World, Subterranean Ecosystems*. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2000. p. 17–39.

KIER, G.; MUTKE, J.; DINERSTEIN, E.; RICKETTS, T. H.; KÜPER, W.; KREFT, H.; BARTHLOTT, W. Global patterns of plant diversity and floristic knowledge. *Journal of Biogeography*, v. 32, n. 7, p. 1107–1116, 2 jun. 2005.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation, and land use. *Em: OLIVEIRA, P. S.; MARQUES, R. J. The Cerrado of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savann*. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69–88.

LAURANCE, W. F. When bigger is better: the need for Amazonian mega-reserves. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 20, n. 12, p. 645–648, dez. 2005.

LEAL-ZANCHET, A. M.; MARQUES, A. D. Coming out in a harsh environment: A new genus and species for a land flatworm (Platyhelminthes: Tricladida) occurring in a ferruginous cave from the Brazilian savanna. *PeerJ*, v. 2018, n. 12, 2018.

LI, J.-N.; YAN, X.-Y.; LIN, Y.-J.; LI, S.-Q.; CHEN, H.-F. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: *Ectatosticta* spiders (Araneae, Hypochilidae) from China. *Zoological Research*, v. 42, n. 6, p. 792–795, 2021.

LIMOLINO, M. v. Conservation biogeography. *Em: LIMOLINO, M. V.; HEANEY, L. R. Frontiers of Biogeography: New Directions in the Geography of Nature*. Sunderland: Sinauer, 2004. p. 293–296.

LOWENBERG-NETO, Peter (2016): Neotropical region: a shapefile of Morrone's (2014) biogeographical regionalisation. **Figshare**. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3569361.v2>.

MACE, G. M.; LANDE, R. Assessing Extinction Threats: Toward a Reevaluation of IUCN Threatened Species Categories. *Conservation Biology*, v. 5, n. 2, p. 148–157, jun. 1991.

MATTOX, G. M. T.; BICHUETTE, M. E.; SECUTTI, S.; TRAJANO, E. Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Ramalho karst area, northeastern Brazil, with updated lists of Brazilian troglobitic and troglophilic fishes. *Biota Neotrop*, v. 8, n. 4, p. 0–000, 2008.

MAYR, E. **O Desenvolvimento do Pensamento Biológico**. Brasília: UnB, 1998. v. 1

MERLO, R. L. S.; CASTRO-SOUZA, R. A.; BENTO, D. de M.; FERREIRA, R. L. A new troglophilic species of *Erebonyx* (Orthoptera: Grylloidea: Phalangopsidae) from Brazilian caves. *Zootaxa*, v. 5222, n. 1, p. 83–93, 16 dez. 2022. Disponível em: <<https://www.mapress.com/zt/article/view/zootaxa.5222.1.7>>.

- MIRANDA, G. S. de; GIUPPONI, A. P. L.; PRENDINI, L.; SCHARFF, N. Systematic revision of the pantropical whip spider family Charinidae Quintero, 1986 (Arachnida, Amblypygi). **European Journal of Taxonomy**, v. 772, p. 1–409, 2021.
- MOERMAN, D. E.; ESTABROOK, G. F. The botanist effect: counties with maximal species richness tend to be home to universities and botanists. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 11, p. 1969–1974, nov. 2006.
- MONTE, B. G. O.; BICHUETTE, M. E. Taxonomic distinctness of the subterranean fauna from Peruaçu Caves National Park, state of Minas Gerais, Eastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 1, 2020.
- MOORE, G. W.; SULLIVAN, N. **Speleology, Caves and the Environment**. Saint Louis: Cave Books, 1997.
- MORAIS, A. L.; BICHUETTE, M. E.; CHAGAS-JÚNIOR, A.; LEAL-ZANCHET, A. Under threat: Two new troglobitic species of Girardia (Platyhelminthes: Tricladida) from sandstone and limestone caves in Brazil. **Zoologischer Anzeiger**, v. 293, p. 292–302, 1 jul. 2021.
- MOREIRA, M. A. **A importância de se levar em conta a lacuna Linneana no planejamento de conservação dos anfíbios no Brasil**. 2015. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- MORRONE, J. J. América do Sul e Geografia da Vida: Comparação de Algumas Propostas de Regionalização. *Em*: CARVALHO, C. J. B.; ALMEIDA, E. A. B. **Biogeografia da América do Sul: padrões e processos**. 1. ed. [s.l.] Editora Roca, 2011. p. 14–40.
- MORRONE, J. J. Biogeographical regionalisation of the neotropical region. **Zootaxa**, v. 3782, n. 1, p. 1–110, 25 mar. 2014.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, fev. 2000.
- OLIVEIRA, J. V. L. C. de; BRITO, N. P.; ZEPPELINI, D. Two New Cyphoderus Nicolet (Collembola: Paronellidae) of the “bidenticulati-group” with Dental Plurichaetosis from Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 4, p. 579–592, 1 ago. 2021.
- OLIVEIRA, U.; PAGLIA, A. P.; BRESCOVIT, A. D.; CARVALHO, C. J. B.; SILVA, D. P.; REZENDE, D. T.; LEITE, F. S. F.; BATISTA, J. A. N.; BARBOSA, J. P. P. P.; STEHMANN, J. R.; ASCHER, J. S.; VASCONCELOS, M. F.; DE MARCO, P.; LÖWENBERG-NETO, P.; DIAS, P. G.; FERRO, V. G.; SANTOS, A. J. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of <sc>B</sc> razilian terrestrial biodiversity. **Diversity and Distributions**, v. 22, n. 12, p. 1232–1244, 30 dez. 2016.
- PELLEGRINI, T. G.; FERREIRA, R. L. Are inner cave communities more stable than entrance communities in Lapa Nova show cave? **Subterranean Biology**, v. 20, n. 1, p. 15–37, 2016.
- PIMM, S. L.; JENKINS, C. N.; ABELL, R.; BROOKS, T. M.; GITTLEMAN, J. L.; JOPPA, L. N.;

RAVEN, P. H.; ROBERTS, C. M.; SEXTON, J. O. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, v. 344, n. 6187, 30 maio 2014.

PIMM, S. L.; JENKINS, C. N.; JOPPA, L. N.; ROBERTS, D. L.; RUSSELL, G. J. How Many Endangered Species Remain to be Discovered in Brazil? **Natureza & Conservação**, v. 08, n. 01, p. 71–77, 2010.

PIMM, S. L.; RUSSELL, G. J.; GITTLEMAN, J. L.; BROOKS, T. M. The Future of Biodiversity. **Science**, v. 269, n. 5222, p. 347–350, 21 jul. 1995.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 39, n. 6, p. 61–173, 1995. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/245535688>>.

POLASKY, S.; CAMM, J. D.; SOLOW, A. R.; CSUTI, B.; WHITE, D.; DING, R. Choosing reserve networks with incomplete species information. **Biological Conservation**, v. 94, n. 1, p. 1–10, jun. 2000.

POULSON, T. L.; LAVOIE, K. H. The trophic basis of subsurface ecosystems. *Em*: WILKENS, H.; CULVER, D. C.; HUMPHREYS, W. F. **Ecosystems of the World, Vol. 30: Subterranean Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2000. p. 231–249.

POULSON, T. L.; WHITE, W. B. The Cave Environment. **Science**, v. 165, n. 3897, p. 971–981, 5 set. 1969.

PRETE, P. H.; BRESCOVIT, A. D. A new species of Cuacuba (Araneae, Theridiosomatidae) from Brazilian caves. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 55, n. 2, p. 109–115, 3 maio 2020.

PRETE, P. H.; CIZAUSKAS, I.; BRESCOVIT, A. D. Three new species of the spider genus Plato and the new genus Cuacuba from caves of the states of Pará and Minas Gerais, Brazil (Araneae, Theridiosomatidae). **ZooKeys**, v. 2018, n. 753, p. 107–162, 2018.

QGIS.org, 2023. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Disponível em: <<http://www.qgis.org>>.

PULLIAM, H. R. Sources, Sinks, and Population Regulation. **Source: The American Naturalist**, v. 132, n. 5, p. 652–661, 1988. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2461927>>.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, disponível em: <<http://www.R-project.org/>>

RAVEN, P. H.; YEATES, D. K. Australian biodiversity: threats for the present, opportunities for the future. **Australian Journal of Entomology**, v. 46, n. 3, p. 177–187, ago. 2007.

RODRIGUES, A. S. L.; GRAY, C. L.; CROWTER, B. J.; EWERS, R. M.; STUART, S. N.; WHITTEN, T.; MANICA, A. A Global Assessment of Amphibian Taxonomic Effort and Expertise. **BioScience**, v. 60, n. 10, p. 798–806, nov. 2010.

ROSEN, R. On the limitations of scientific knowledge. *Em*: CASTI, J. L.; KARLQVIST, A. **Boundaries and Barriers: On the Limits to Scientific Knowledge**. [s.l: s.n.]p. 188–214.

SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERNANDES, G. W.; TABARELLI, M. Caatinga: The Scientific Negligence Experienced by a Dry Tropical Forest. **Tropical Conservation Science**, v. 4, n. 3, p. 276–286, 1 set. 2011.

SANTOS JÚNIOR, G. A. dos; ÁZARA, L. N. de; FERREIRA, R. L. Three new species of *Eusarcus perty*, 1833 (Opiliones, gonyleptidae) from Brazilian caves. **European Journal of Taxonomy**, v. 2021, n. 740, p. 36–54, 2021.

SASTRE, P.; LOBO, J. M. Taxonomist survey biases and the unveiling of biodiversity patterns. **Biological Conservation**, v. 142, n. 2, p. 462–467, fev. 2009.

SECUTTI, S.; BICHUETTE, M. Ictiofauna da área cárstica de Presidente Olegário, estado de Minas Gerais, com ênfase nas espécies subterrâneas. **Revista da Biologia**, v. 10, n. 2, p. 13–20, jul. 2013.

SOUZA-DIAS, P. G. B.; VALENTE, R. M.; BOLFARINI, M. P.; RUIZ, G. R. S. On the Amazonian cricket *Phalangopsis Serville*, 1831 (Orthoptera: Grylloidea: Phalangopsidae): biology, morphology, and a new species. **Zootaxa**, v. 5194, n. 4, p. 540–560, 7 out. 2022.

TABERLET, P.; COISSAC, E.; POMPANON, F.; BROCHMANN, C.; WILLERSLEV, E. Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. **Molecular Ecology**, v. 21, n. 8, p. 2045–2050, abr. 2012.

TRAJANO, E. Ecological classification of subterranean organisms. *Em*: WHITE, W. B.; CULVER, D. C. **Encyclopedia of Caves**. 2. ed. [s.l.] Elsevier, 2012.

TRAJANO, E.; BESSI, R. A Classificação Schiner-Racovitza dos organismos subterrâneos: uma análise crítica, dificuldades para aplicação e implicações para conservação. **Espeleo-Tema**, v. 28, n. 1, p. 87–102, 2017.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. **Biologia Subterrânea: introdução**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006. v. 1

TRAJANO, E.; MOREIRA, J. R. de A. Estudo da fauna de cavernas da Província Espeleológica Arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 51, n. 1, p. 13–29, 1991.

TRAKHTENBROT, A.; KADMON, R. Environmental Cluster Analysis as a Tool for Selecting Complementary Networks of Conservation Sites. **Ecological Applications**, v. 15, n. 1, p. 335–345, fev. 2005.

WALKER, B.; STEFFEN, W. An Overview of the Implications of Global Change for Natural and Managed Terrestrial Ecosystems. **Conservation Ecology**, v. 1, n. 2, p. art2, 1997.

WILLEMART, R. H.; GNASPINI, P. Spatial distribution, mobility, gregariousness, and defensive behaviour in a Brazilian cave harvestman *Goniosoma albiscryptum* (Arachnida, Opiliones, Gonyleptidae). **Animal Biology**, v. 54, n. 3, p. 221–235, 2004. Disponível em:

<www.brill.nl>.

YANG, W.; MA, K.; KREFT, H. Geographical sampling bias in a large distributional database and its effects on species richness-environment models. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 8, p. 1415–1426, ago. 2013.

ZAMPAULO, R. de A.; PROUS, X. **Fauna Cavernícola do Brasil**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Rupestre, 2022. v. 1

ZEPON, T.; BICHUETTE, M. E. Influence of substrate on the richness and composition of neotropical cave fauna. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3, p. 1615–1628, 1 jul. 2017.

ZEPON, T.; GALLÃO, J. E.; CAMARGO, A. L.; BICHUETTE, M. E. Primeiros registros da fauna de duas cavernas da região de Bulha D'água, Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), São Paulo. **Espeleo-Tema**, v. 29, n. 1, p. 29–39, 2019. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/333632681>>.

ZEPPELINI, D.; OLIVEIRA, J. V. L. C.; DE LIMA, E. C. A.; BRITO, R. A.; FERREIRA, A. S.; STIEVANO, L. C.; BRITO, N. P.; OLIVEIRA-NETO, M. A.; LOPES, B. C. H. Hotspot in ferruginous rock may have serious implications in Brazilian conservation policy. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 1 dez. 2022.