



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

CASTIELE HOLANDA BEZERRA

BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA E ESTRUTURAÇÃO DE COMUNIDADES EM
LAGARTOS NEOTROPICAIS

FORTALEZA

2024

CASTIELE HOLANDA BEZERRA

BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA E ESTRUTURAÇÃO DE COMUNIDADES EM
LAGARTOS NEOTROPICAIS

Tese de Doutorado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia terrestre.

Orientador: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila.

Coorientador: Dr. João Fabrício Mota Rodrigues.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B469b Bezerra, Castiele Holanda.
Biogeografia histórica e estruturação de comunidades em lagartos neotropicais / Castiele Holanda Bezerra.
– 2024.
106 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila.
Coorientação: Prof. Dr. João Fabrício Mota Rodrigues.
1. América do Sul. 2. diversidade filogenética e funcional. 3. filtragem ambiental. 4. mudanças climáticas. 5. Squamata. I. Título.

CDD 577

CASTIELE HOLANDA BEZERRA

BIOGEOGRAFIA HISTÓRICA E ESTRUTURAÇÃO DE COMUNIDADES EM
LAGARTOS NEOTROPICAIS

Tese de Doutorado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia terrestre.

Aprovada em 09/05/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Profa. Dra. Déborah Praciano de Castro
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Prof. Dr. Daniel Oliveira Mesquita
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Dra. Renata Perez Maciel
Secretaria de Educação do Ceará - SEDUC-CE

Dr. Ronildo Alves Benício
Universidade Federal do Piauí - UFPI

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Antônia e Assis, por todo suporte, incentivo, dedicação, valores e amor incondicional que me deram ao longo da vida. Em especial, agradeço à minha mãe, por desde cedo ter incentivado e feito tudo que podia para que seus filhos se dedicassem aos estudos, pois essa sempre foi a única chance de melhoria de qualidade de vida para os menos favorecidos economicamente. Agradeço também aos meus irmãos, Jocastra, Berg e Josy, por serem desde sempre e para sempre meus companheiros de vida, por todas as batalhas já travadas e vencidas juntos e por todas aquelas que ainda virão. Amo todos vocês mais que tudo nessa vida.

Agradeço ao Presidente Luiz Inácio Lula da Silva e a Presidenta Dilma Rousseff por, durante seus mandatos como chefes do poder executivo brasileiro, terem criado diversos programas de assistência social de combate à desigualdade que forneceram oportunidades a tantas famílias pobres do nosso país, em especial na região Nordeste. Obrigada pelo “Bolsa Família”, pelo “Vale Gás”, por todos os benefícios de incentivo à agricultura familiar, pela distribuição de cisternas pelo sertão, pelas ampliações de centros universitários e vagas nas universidades, por todas as bolsas de graduação e pós-graduação (que permitem aos estudantes se dedicarem só aos estudos) e pelo aumento de vagas em concursos públicos. Em vários momentos da minha vida eu, ou alguém da minha família, fomos beneficiados com programas desses governos e não sei o que teria sido da gente sem essas oportunidades.

Agradeço a todos os professores e professoras que ao longo da vida me inspiraram e me incentivaram a me dedicar nos estudos, vocês marcaram positivamente minha vida e serei eternamente grata por terem cruzado meu caminho. Em especial quero agradecer ao meu professor de biologia do ensino médio, Belarmino Duarte, por ensinar sobre o mundo biológico com tanta paixão que me fez querer cursar biologia e seguir com essa profissão (mesmo sem ter nenhuma noção de como era trabalhar com isso). Agradeço à Diva, por ter aberto as portas da herpetologia para mim. Obrigada Conrado Galdino e Daniel Passos, por terem direcionado meu interesse para o fascinante mundo dos lagartos. Um agradecimento também para o Gabriel Costa que, apesar do breve período de orientação na UFRN, despertou meu interesse pela macroecologia. Obrigada ao meu co-orientador e amigo de longa data Fabrício, pela amizade, paciência, pelas longas conversas cheias de ideias e por toda atenção dispendida para me ajudar. E por último, um agradecimento também para meu orientador, chefe, colega de trabalho e amigo Robson Ávila, pela amizade, companheirismo, alegria,

confiança, orientação e por todo conhecimento compartilhado e suporte fornecido sempre que precisei.

Agradeço também a minha amiga e parceira de trabalho Roberta Rocha, pelo companheirismo nas mais aleatórias e variadas atividades do dia a dia, pela amizade de sempre e por todo incentivo para enfrentar esse doutorado. Muito obrigada também a todos meus colegas e amigos do NUROF-UFC, sem vocês minha rotina seria infinitamente menos divertida. Um agradecimento especial ao meu amigo Elvis, por todas as praias, comidas, dores e delícias compartilhadas durante esse doutorado; e ao meu amigo Rafael, pelas parcerias de trabalho e de amizade e por tantos momentos bons compartilhados. Muito obrigada também a Mariny, Bruna, Átilas, Tatiana, Renata, Cristiane e Dalila por todas nossas conversas sobre ciência e amenidades da vida durante nossas merendas, almoços, barzinhos ou na rotina de trabalho.

Por fim agradeço ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e à Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de cursar um doutorado de forma gratuita em uma instituição de excelência em educação no nosso país.

“If we knew what we're doing it wouldn't be called research”

Albert Einstein

RESUMO

As comunidades biológicas são estruturadas por vários processos ecológicos concomitantes, como filtragem ambiental, interações entre espécies e processos evolutivos históricos de dispersão, especiação e extinção. As hipóteses que tentam explicar os processos responsáveis pelos atuais padrões de distribuições e coocorrência das espécies e a estruturação das comunidades locais se enquadram em duas categorias: explicações ecológicas, que envolvem as tolerâncias dos organismos às variáveis ambientais e as interações entre espécies; e explicações históricas, que levam em consideração os processos de alterações na paisagem ao longo do tempo e como as linhagens evoluíram em relação a esses processos. Porém, entender qual o papel de cada um desses fatores para os diversos grupos de organismos e nos diferentes ecossistemas do planeta ainda é um desafio a ser desvendado. Essa tese possui dois capítulos que tentam ajudar a elucidar os processos responsáveis pelos atuais padrões de diversidade e distribuição de espécies de lagartos na região Neotropical, discutindo o papel das variáveis ambientais e de processos biogeográficos e evolutivos na estruturação das suas comunidades. O primeiro capítulo tem por objetivo investigar os padrões temporais de colonização da fauna de lagartos da Caatinga a partir dos biomas adjacentes (Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica), a fim de entender o papel dos eventos geomorfológicos e de mudanças climáticas do Neógeno na diversificação desse grupo. Analisamos também nesse capítulo o papel do Rio São Francisco como barreira ribeirinha histórica na Caatinga, já que esse rio tem sido largamente apontado como principal barreira à dispersão das espécies nesse bioma. No segundo capítulo demonstramos como a utilização de diferentes métricas em diversidade funcional e filogenética, em diferentes escalas espaciais, nos permite detectar quais os processos responsáveis pela estruturação das comunidades de lagartos na América do Sul, além de apontar previsões sobre as consequências da perda de diversidade nas comunidades frente às mudanças climáticas.

Palavras-chave: América do Sul; diversidade filogenética e funcional; filtragem ambiental; mudanças climáticas; Squamata.

ABSTRACT

Community structure is result from several concomitant ecological processes, such as environmental filtering, species interactions, and historical evolutionary processes of dispersal, speciation, and extinction. The hypotheses that attempt to explain the processes that shape the current distribution patterns and co-occurrence of species and the assembly structure fall into two categories: ecological explanations, which involve the relationships of organisms with environmental climatic variables and interactions between species; and historical explanations, which concerned with the processes of change in the landscape over time and how lineages evolved in relation to these processes. However, understanding the role of each of these processes for different groups of organisms and in the different ecosystems is still a challenge to be resolved. The present thesis contain two chapters that attempt to help elucidate the processes responsible by the current patterns of diversity and distribution of lizard species in the Neotropical region, discussing the role of environmental variables and biogeographic and evolutionary processes in the structure of assemblages. The first chapter aims to investigate the temporal patterns of colonization of the Caatinga lizard fauna coming from adjacent biomes (Amazonia, Cerrado and Atlantic Forest), in order to understand the role of the Neogene geomorphological events and climate changes driving its diversification. In this chapter, we also analyze the role of the São Francisco River as historical riverine barrier, once this river has been widely pointed as the main barrier to the dispersal of species in this biome. In the second chapter we demonstrate how the use of different functional and phylogenetic diversity metrics, at different spatial scales, helped us to detect the processes responsible for structuring lizard communities in South America, in addition to pointing out their predictive power on the consequences of loss of diversity in communities facing climate change.

Keywords: South America; phylogenetic and functional diversity; environmental filtering; climate changes; Squamata.

SUMÁRIO

1.	Introdução Geral	9
2.	Capítulo 1: Biogeographical origins of the Caatinga lizard and amphisbaenian fauna	13
2.1.	Abstract	13
2.2.	Introduction	15
2.3.	Materials and Methods	18
2.3.1.	<i>Study area</i>	18
2.3.2.	<i>Geographic distribution and phylogenetic data</i>	18
2.3.3.	<i>Ancestral geographic range estimation</i>	19
2.3.4.	<i>Rates of species diversification</i>	21
2.4.	Results	21
2.5.	Discussion	25
2.5.1.	<i>Historical evolution of lizard and amphisbaenian faunas in Caatinga</i>	26
2.5.2.	<i>São Francisco River as a barrier to dispersal</i>	29
2.6.	Conclusions	31
2.7.	Supporting Information	32
3.	Capítulo 2: Padrões de diversidade filogenética e funcional em comunidades de lagartos na América do Sul	47
3.1.	Resumo	47
3.2.	Introdução	48
3.3.	Material e métodos	51
3.3.1.	<i>Área de estudo</i>	51
3.3.2.	<i>Dados das comunidades e filogenia</i>	51
3.3.3.	<i>Variáveis ambientais</i>	52
3.3.4.	<i>Dados funcionais</i>	53
3.3.5.	<i>Estruturação das comunidades</i>	54
3.3.6.	<i>Análises estatísticas</i>	56
3.4.	Resultados	56
3.5.	Discussão	67
3.5.1.	<i>Estruturação das comunidades de lagartos na América do Sul</i>	68
3.5.2.	<i>Aquecimento global e o impacto nas comunidades de lagartos</i>	72
3.6.	Conclusões	75
3.7.	Apêndices	76
4.	Considerações Finais	91
	REFERÊNCIAS	92

1. Introdução Geral

A busca por padrões e processos em biodiversidade é um dos desafios mais antigos e centrais dentro da ecologia e biogeografia (GASTON, 2000). De uma forma geral, as hipóteses que tentam explicar o porquê das espécies ocorrerem apenas em determinadas áreas e quais as forças que moldam a estruturação das comunidades biológicas se encaixam em duas categorias: explicações ecológicas, que envolvem as relações dos organismos com as variáveis ambientais e as interações entre espécies; e explicações históricas, que levam em consideração os processos de alterações na paisagem ao longo do tempo e como as linhagens evoluíram em relação a esses processos (BROWN, 2014). Porém, entender qual o papel de cada um desses processos para os diversos grupos de organismos e nos diferentes ecossistemas ao redor do planeta ainda é um desafio a ser desvendado. Para esse propósito, a ecologia e a biogeografia histórica devem caminhar juntas, como uma disciplina integrativa que combina filogenia e ecologia para responder questões importantes sobre distribuição das espécies e padrões globais de diversidade (WIENS; DONOGHUE, 2004).

Avanços metodológicos em análises biogeográficas, como os métodos baseados em eventos, nos permitem a reconstrução da história evolutiva e biogeográfica de diversos táxons (AMARAL *et al.*, 2021; PONTES-NOGUEIRA *et al.*, 2021; SERRANO *et al.*, 2024), nos ajudando a esclarecer o papel dos processos geomorfológicos e de mudanças climáticas nos padrões de distribuição das espécies ao longo do tempo (SANMARTÍN, 2012). Esses métodos usam dados de distribuições atuais combinado com filogenias datadas para estimar a distribuição ancestral e entender a história evolutiva dos táxons no espaço e tempo, inferindo o número e direção dos eventos de dispersão e vicariância (DUPIN *et al.*, 2017; RONQUIST, 1997). Dessa forma, nos ajuda a identificar os processos responsáveis pela formação do banco de espécies regional e se a colonização se deu principalmente via eventos de dispersão de áreas adjacentes ou por diversificação *in situ*. Eventos geológicos e mudanças climáticas são amplamente conhecidas por moldarem os padrões de biodiversidade (ANTONELLI *et al.*, 2018; CASSEMIRO *et al.*, 2023), levando a extinção e especiação e afetando a distribuição de abundância das espécies (BLOIS *et al.*, 2013). Barreiras físicas tais como mudanças em cursos de rios e soerguimentos de montanhas, podem afetar a conectividade e taxas de fluxo gênico entre populações e facilitar especiação alopátrica (LAWSON, 2013). Porém, o papel da mudança de paisagem na diversificação e distribuição atual ainda não foi investigado para a maior parte dos grupos de organismos nos diferentes ecossistemas.

Sabemos que as comunidades biológicas são estruturadas por vários processos ecológicos concomitantes, como filtragem ambiental, interações entre espécies e processos evolutivos históricos de especiação, extinção e dispersão (HUBBELL, 2001; WEIHER; KEDDY, 1995). Em escalas menores, o papel desempenhado pela ecologia, fisiologia e interações interespecíficas parece mais determinante na colonização de um ambiente. Porém em escalas maiores, além das limitações ecológicas e fisiológicas continuarem agindo, outros processos (como limitações à dispersão) também tem papel crucial em determinar as ocorrências das espécies (WIENS; DONOGHUE, 2004). Dessa forma, processos geomorfológicos de larga escala, tais como surgimento de rios, montanhas ou deriva continental, tem grande influência na distribuição atual dos organismos, mas seus efeitos são mediados pelas limitações ecofisiológicas e de dispersão dos organismos em colonizar e persistir em uma área.

Apesar das primeiras bases teóricas sobre a coexistência de espécies e similaridade limitante terem sido propostas por MACARTHUR e LEVINS (1967), foi DIAMOND (1975) o primeiro a sugerir teorias sobre montagem de comunidades e propor regras de coexistência para explicar como as comunidades locais são arrançadas a partir de um *pool* regional de espécies. Desde então, diversos trabalhos se sucederam com o objetivo de investigar se existem processos que determinam os padrões das comunidades biológicas ou se elas se formam pelo acaso, simplesmente a partir de eventos de dispersão, especiação e extinção (HUBBELL, 2001). WEBB *et al.* (2002) propuseram um esquema lógico capaz de evidenciar quais processos agem na montagem das comunidades (filtragem ambiental e similaridade limitante), usando dados filogenéticos e funcionais das espécies, pois medidas de diversidade funcional refletem melhor processos ecológicos locais, enquanto medidas de diversidade filogenética podem fornecer informações sobre processos em escalas espaço-temporais maiores, bem como sobre a história biogeográfica e evolutiva dos táxons (PAVOINE; BONSALL, 2011). Enquanto a diversidade filogenética incorpora as relações de parentesco entre as espécies e, portanto, sua história evolutiva, a diversidade funcional representa uma medida de diferença entre as espécies baseada em suas características morfológicas, fisiológicas e ecológicas que afetam a aptidão desses organismos (PETCHEY; GASTON, 2002; VIOLLE *et al.*, 2007), e por isso o uso conjunto dessas métricas pode captar informações diferentes sobre a coocorrência das espécies nas comunidades (LOPEZ *et al.*, 2016; TUCKER *et al.*, 2018).

Os lagartos constituem um dos grupos mais diversos de tetrápodes, tanto em número de espécies quanto em características morfológicas, ecológicas e estratégias adaptativas (MEIRI, 2018; MESQUITA *et al.*, 2016; PIANKA *et al.*, 2017; VITT *et al.*, 2003), além de suas relações evolutivas serem relativamente bem conhecidas (TONINI *et al.*, 2016). Muitas das características ecológicas e de história de vida desse grupo são consequências de seu metabolismo ectotérmico (SHINE, 2005), assim como sua distribuição geográfica e padrões de diversidade, tendo a temperatura como melhor preditor de padrões de riqueza e grandes implicações no modo como esses animais respondem às mudanças climáticas (BUCKLEY; JETZ, 2010). Dessa forma, constituem bons organismos em estudos ecológicos para investigar como fatores ambientais influenciam a estruturação de comunidades biológicas. Mesmo tratando-se de um grupo parafilético, usamos o termo ‘lagartos’ englobando as anfisbenas, mas não as serpentes, pelo fato destas últimas terem seguido uma trajetória evolutiva distinta, o que não diminuiu a coesão do grupo parental como um todo (MEIRI, 2018).

A América do Sul está inserida na região Neotropical, considerada a mais biodiversa do mundo, com altos índices de endemismos para diversos grupos de organismos, sendo foco de diversos estudos que tentam elucidar o papel dos processos históricos que moldaram suas paisagens e que deixaram profundas influências na diversificação dos organismos e estruturação de suas comunidades (RULL; CARNAVAL, 2020). A interconectividade biótica entre seus biomas ao longo do tempo tem sido apontada como fundamental em promover adaptação e diversificação nessa região, com a Amazônia sendo apontada por alguns estudos como o bioma fonte primário da diversidade neotropical (ANTONELLI *et al.*, 2018; CASSEMIRO *et al.*, 2023). Essa região também possui grande diversidade em espécies de lagartos, além de concentrar os maiores índices para diversas estratégias funcionais nesse grupo (VIDAN *et al.*, 2019). Devido à variedade de ecorregiões, biomas, relevos e pela longa extensão latitudinal e de área, a América do Sul representa um bom local para estudos de efeito de gradientes ambientais na estruturação de comunidades de lagartos.

Durante o período Cenozóico (~66 Ma), a América do Sul passou por profundas mudanças geomorfológicas e climáticas que moldaram a formação dos seus atuais biomas (JARAMILLO, 2023). Mudanças climáticas globais e o soerguimento dos Andes durante o Neógeno levaram ao aumento de aridez e a formação da Diagonal de Vegetação Abertas (ou

Diagonal Seca) da América do Sul, formada pelos atuais biomas da Caatinga, Cerrado e Chaco, o que separou os biomas florestados da Mata Atlântica e Amazônia (AZEVEDO *et al.*, 2020; HOORN *et al.*, 2023). A Caatinga, considerada o maior bioma de Floresta Tropical Sazonalmente Seca da Região Neotropical, sofreu profundas mudanças na paisagem desde o início do Cenozóico, com uma perda massiva dos solos sedimentares que culminaram na formação da *Depressão Sertaneja* durante o Neógeno e estabelecimento do seu clima semiárido (JAPSEN *et al.*, 2012; PEULVAST *et al.*, 2008). Já durante o Plioceno e Pleistoceno (~5.5 a 2.5 Ma) um evento geomorfológico importante na região da Caatinga foi o soerguimento da Chapada do Araripe que levou à mudança do curso do Rio São Francisco, que até então tinha um fluxo em direção ao Atlântico Norte e passou então a correr pro Atlântico Leste (MABESOONE, 1994). O curso atual desse rio tem sido apontado como principal barreira à dispersão e ao fluxo gênico das espécies ao longo da Caatinga (BRUSCHI *et al.*, 2019; WERNECK *et al.*, 2015).

Essa tese possui dois capítulos que tentam ajudar a elucidar os processos responsáveis pelos atuais padrões de diversidade e distribuição de espécies de lagartos na América do Sul, discutindo o papel de variáveis ambientais e de processos biogeográficos e evolutivos na estruturação de suas comunidades. O primeiro capítulo tem por objetivo investigar os padrões temporais de colonização da fauna de lagartos da Caatinga a partir dos biomas adjacentes (Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica), a fim de entender o papel dos eventos geomorfológicos e de mudanças climáticas do Neógeno na sua diversificação. Analisamos também nesse capítulo o papel do Rio São Francisco como barreira ribeirinha histórica, já que esse rio tem sido largamente apontado como principal barreira à dispersão das espécies nesse bioma. No segundo capítulo demonstramos como a utilização de diferentes métricas em diversidade funcional e filogenética, em diferentes escalas espaciais, nos ajuda a detectar os processos responsáveis pela estruturação das comunidades de lagartos na América do Sul, além de apontar seu poder preditivo sobre as consequências da perda de diversidade nas comunidades frente às mudanças climáticas.

2. Capítulo 1: Biogeographical origins of the Caatinga lizard and amphisbaenian fauna

(submetido e nas normas do *Journal of Biogeography*)

Short running title: Caatinga lizards biogeography

Castiele Holanda BEZERRA^{1,2,*}, Antonio Rafael Lima RAMOS^{2,3}, João Fabrício Mota RODRIGUES⁴, Fernanda A. S. CASSEMIRO⁵, Robson Waldemar ÁVILA^{1,2,3}

¹ Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará, Brazil

² Núcleo Regional de Ofiologia da Universidade Federal do Ceará (NUROF-UFC), Brazil

³ Programa de Pós-graduação em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal do Ceará, Brazil

⁴ University of Texas at Austin, USA

⁵ Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Goiás, Brazil

*Corresponding author: castieleholanda@gmail.com

Acknowledgements

ARLR is supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) doctoral fellowship. F.A.S.C. is supported by CAPES postdoctoral fellowship and National Institute for Science and Technology (INCT) in Ecology, Evolution and Biodiversity Conservation (CNPq: 465610/2014-5; FAPEG, 201810267000023). RWA thanks to Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP (UNI-0210-00556.01.00/23; FC3-0198-00006.01.00/22) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (PQ 307722/2021-0) for financial support.

2.1. Abstract

Aim: Several evidences pointed that open vegetation biomes in the Neotropics are younger than moist forests, leading us to question which historical processes shaped the current species distribution patterns in these new biome formations. Here we investigate the temporal patterns of colonization from surrounding biomes (Amazonia, Atlantic Forest, and Cerrado) in the Caatinga historical assembly of lizards and amphisbaenians to understand the role of geomorphological events and climate changes in driving its diversification. We also analyzed the role of the São Francisco river (SFr henceforward) as a riverine barrier to dispersal across

the Caatinga biome in these squamate groups, since this river has been identified as an important barrier to species dispersal in this biome.

Location: Neotropics.

Taxon: Squamata (lizards and amphisbaenians).

Methods: We used a phylogenetic tree and occurrence data for 276 lizard and amphisbaenian species distributed along four different biomes (Amazonia, Atlantic Forest, Cerrado and Caatinga) to reconstruct ancestral geographic ranges using the R package BioGeoBEARS. We incorporated a time-stratified approach to test the hypothesis that SFr acts as a historical riverine barrier to species dispersal across the Caatinga biome. We used BAMM to estimate the rates of species diversification.

Results: Our results indicate that the current diversity patterns of Caatinga lizard and amphisbaenian faunas were a result of pervasive faunal exchanges from adjacent biomes, with Amazonia representing the most important source area. The Neogene period was determinant in both colonization and diversification to the current assembly patterns of these groups in Caatinga. Finally, our findings indicated that SFr does not represent a historical barrier to dispersal across the Caatinga biome to lizards and amphisbaenians.

Main conclusions: The landscape transformation and climate changes that increased aridity in northeastern Brazil probably have shaped the diversification of dry-adapted fauna in lizards and amphisbaenians in Caatinga. Changes in the SFr watercourse that occurred in the Pleistocene period did not act as an important barrier to species dispersal in the lizard and amphisbaenian faunas as a whole group, and perhaps the riverine barrier only works for species with low dispersal capability.

Key words: BioGeoBEARS, biome transitions, Caatinga, historical biogeography, riverine barrier, Squamata.

2.2. Introduction

Investigating the present and past patterns of species distribution and identifying environmental and historical processes that shape those distributions over time are the main goals of biogeography (Sanmartín, 2012). Methodological advances in biogeographical analyses, such as event-based methods, allow the reconstruction of biogeographical histories of several taxa (Amaral et al., 2021; Magalhaes et al., 2021; Pontes-Nogueira et al., 2021). Such methods use data from present-day species distributions with dated phylogenetic trees to estimate ancestral ranges and understand evolutionary histories of clades in space over time, inferring the number and direction of dispersal and vicariance events (Dupin et al., 2017; Ronquist, 1997). Thus, they help us to elucidate the processes behind the biotic assembly in a given region, whether by colonization via dispersal from adjacent areas or *in situ* lineage diversification. Geological events and climate changes are widely accepted as main drivers of biodiversity patterns (Antonelli et al., 2018; Boschman et al., 2023; Cassemiro et al., 2023; Hoorn et al., 2010), driving extinction and speciation and affecting the distributions and abundances of species (Blois et al., 2013). However, the role of landscape evolution in driving diversification and current distributions is still unclear for most groups of organisms.

The Neotropical region is considered the most biodiverse region worldwide, with high levels of endemism for several different groups of organisms, and has been the focus of interest to many biogeographic studies (Rull & Carnaval, 2020). The biotic interconnectivity and exchange between Neotropical biomes promotes adaptation and diversification in this region (Antonelli et al., 2018; Cassemiro et al., 2023) as a product of complex interactions between historical and biological processes. During the Cenozoic, paleoenvironments in the Neotropics were influenced by multiple climatic events, including changes in global temperature and geological processes of uplift that resulted in the formation of the South America Dry Diagonal (which includes the Caatinga, Cerrado and Chaco biomes) during the Neogene period, which separated Amazonia from the Atlantic Forest in eastern Brazil. Thus, different lines of evidence indicate that open vegetation in the Neotropics is younger than moist forests (Azevedo et al., 2020; Hoorn et al., 2014), with South America's Dry Diagonal presenting high levels of diversity and endemism. This leads us to question which processes shaped current species distribution patterns in these open biomes, providing new opportunities for colonization of the new environments.

The Caatinga biome is considered the largest, most isolated and biodiverse nucleus of Seasonally Dry Tropical Forest in the Neotropical region (Pennington et al., 2000; Werneck et al., 2011). It harbors an endemic and widely distributed mixed flora due to highly heterogeneous gradients of topography, geology, soils and climatic conditions (Silva & Souza, 2018). Geological events at both regional and global scales have led to the development of Caatinga's landscape, composing its diverse geomorphological systems with high environmental heterogeneity and helping to explain its current diversity patterns (Fernandes et al., 2022). The global increase in aridity during cooler and drier periods since the Oligocene (28 - 25 Ma) and the Andean uplift throughout the Miocene and Pliocene (~ 10 - 4 Ma), which blocked the atmospheric flow from the Pacific Ocean through the continent, are considered key factors in the formation of the Dry Diagonal of open landscapes in the Neotropics (Zanella, 2011). Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006) assumed that the Caatinga emerged concurrently with the Cerrado but in drier conditions. The rise of the Borborema Plateau in northeastern Brazil, in the eastern limits of the Caatinga, formed a barrier to air mass flow from the Atlantic Ocean, creating a rain shadow effect that altered rainfall regimes and temperatures in the region (Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger, 2006; Hoorn et al., 2014). This increased aridity resulted in massive erosion of sedimentary cover and consequently the formation of the *Depressão Sertaneja* lower-level peneplain (Japsen et al., 2012; Peulvast et al., 2008), posteriorly leading to the establishment of the Caatinga dry-adapted plant assembly (Fernandes et al., 2022).

Additionally, at a regional scale in the Caatinga region, the Pliocene uplift of the Araripe Plateau (~5 Ma) led to dramatic changes in the course of the São Francisco River (SFr hereafter). The largest perennial river in the region, the SFr, ran northward to the equatorial Atlantic Ocean, and this uplift redirected its course, first creating an endorheic drainage, in which lacustrine sediments remodeled by wind formed the modern SFr dune system in the Pleistocene (~2.5 Ma), after the river acquired its current course toward the eastern Atlantic (Mabesoone, 1994) (Figure 1). The actual course of SFr has been pointed as an important barrier in the Caatinga biome to species dispersal and gene flow between populations in several groups, such as frogs (Bruschi et al., 2019), rodents (Nascimento et al., 2011) and lizards (Coelho et al., 2022; Werneck et al., 2015).

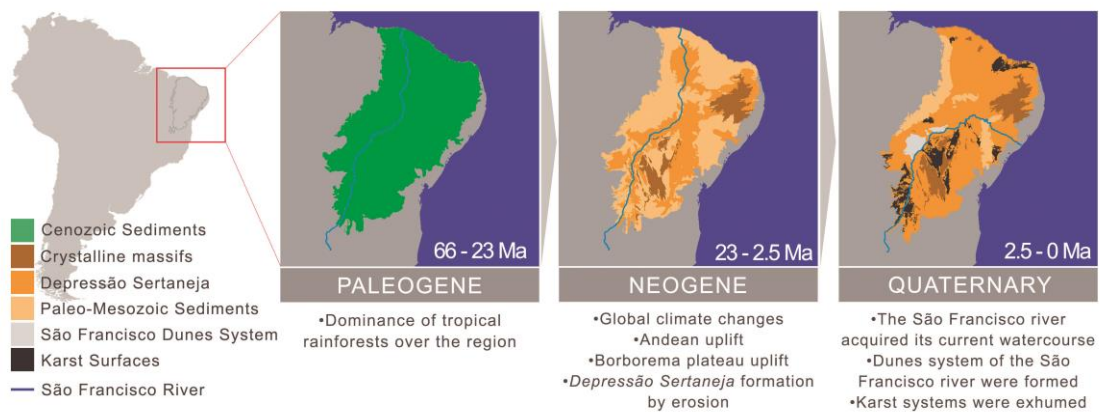


Figure 1: Model of geological evolution for the Caatinga region adapted from Fernandes et al. (2022), indicating the important climatic and geological events that shaped its current heterogeneous landscapes during the Cenozoic period (66 Ma – present). Geological and climate events are based on Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006), Peulvast et al. (2008), Japsen et al. (2012), Klöcking et al. (2020) and Mabesoone (1994).

Although efforts have been made to increase knowledge about Caatinga biota, little is known about the origins and how the chronology of geological and climatic events impacts the evolution of different fauna, such as the Squamate group. The Squamate fauna, composed by snakes, lizards and amphisbaenians, is a highly rich clade, with a great variety of morphological, ecological, and behavioral traits (Pianka & Vitt, 2003). The low dispersal ability and low tolerance to climatic variations in these animals make them good organism models for biogeographic studies (Buckley et al., 2012). The phylogenetic relatedness among squamate lineages is relatively well known and shows numerous adaptive radiations (Tonini et al., 2016a). The Caatinga biome harbors a rich fauna of squamate; for example, its lizard fauna is composed of 93 species, 49 of which are endemic to this biome (Uchôa et al., 2022), and phylogeographic studies unveiled many cryptic species under several widespread species (Werneck et al., 2012, 2015). Therefore, understanding the evolutionary past of this group from the perspective of landscape evolution can help us to investigate the role of geological events and climate change have in the exchange of fauna between adjacent biomes and in the diversification of the current squamate fauna found in this biome.

Here, we used occurrence data for 276 lizard and amphisbaenian species distributed along four different biomes (Amazonia, Atlantic Forest, Cerrado and Caatinga) in combination with phylogenetic data to assess how and when lizards and amphisbaenians dispersed from adjacent biomes into the Caatinga. We also analyzed the role of the SFr as a

riverine barrier between the northern and southern Caatinga portions after this river acquired its current watercourse. By using probabilistic models of geographic range evolution, we discuss the forces driving diversification and historical assembly, correlating geomorphological events with dispersal and diversification patterns to broaden our understanding of the highly diverse squamate fauna of the Caatinga. We hypothesize that geological events and climate changes from the Neogene onward (~23 Ma), which shaped the current Caatinga landscape, should have favored colonization and diversification of squamate lineages able to tolerate warmer and more variable climatic conditions. We also expect that the changes in the SFr watercourse occurred in the Pleistocene period (2.5 Ma) had played a historical barrier to dispersal in the squamate group across the Caatinga biome.

2.3. Materials and Methods

2.3.1. Study area

We used the Neotropical regionalization scheme proposed by Dinerstein et al. (2017) to define the biogeographic areas of interest. Because our goal was to investigate how adjacent biomes contributed to the current composition of the Caatinga's lizard and amphisbaenian faunas, as well as the role of SFr as a barrier to species dispersal, we defined Amazonia, Atlantic Forest, Cerrado and both northern and southern portions of Caatinga (bisect by SFr) as biogeographic units (Figure 2), thus constituting five areas used in the analyses.

2.3.2. Geographic distribution and phylogenetic data

We compiled published information to create our presence-absence matrix dataset with the distribution of lizard and amphisbaenian species in four biomes (Amazonia, Atlantic Forest, Cerrado and Caatinga), including recent lists with updates to species distributions on both Brazilian (Guedes et al., 2023) and Caatinga scales (Uchôa et al., 2022). Our dataset was composed of 276 species (see Appendix S1 in Supporting Information), including all lizard and amphisbaenian species occurring in the Caatinga biome, as well as the majority of these squamates in the surrounding biomes (Guedes et al., 2023). Species with marginal

distributions (i.e., those registered for a biome only in the transitional zones between biomes) were not considered as occurring in that biome.

To perform our biogeographic analyses and identify colonization patterns and diversification rates, we used the consensus tree of the Squamate phylogeny proposed by Tonini et al. (2016), which is a fully sampled phylogeny containing 9574 squamate species worldwide based on large-scale phylogenetic inference and taxonomic imputation. We used the packages ‘phylotools’, ‘RRphylo’, ‘ape’ and ‘Geiger’ in R to trim, add missing species and solve polytomies to create the tree with 276 species selected for analyses. We used the function “tree.merger” in the ‘RRphylo’ R package (Castiglione et al., 2021) to add species that were not present in the phylogeny of Tonini et al. (2016). This function works by adding new lineages or single species to a preexisting backbone phylogeny and calibrating internal and terminal ages according to a mixture of user-specified values (when times of divergence between species was available) and backbone tree age values provided for nodes and tips (Castiglione et al., 2021).

Since there was no genetic information for all the species on the consensus tree and some were imputed, the ages of events in the ancestral geographic range estimation models may vary in the different posterior trees. To take into account the uncertainties related to divergence time estimation and ancestral areas, we used a subset of our species dataset (with 186 species) containing only species with DNA data from the consensus tree of Tonini et al. (2016) to run the biogeographical analysis. We found similar results using this subset tree (containing only species with DNA data) regarding range transitions between areas when compared to the results shown in the present study using the imputed data tree (276 spp.) (see Appendix S2 in Supporting Information).

2.3.3. *Ancestral geographic range estimation*

We used three different biogeographic models using the package ‘BioGeoBEARS’ in R software, which implements many models in a common likelihood framework (Matzke, 2013): DIVA, DEC and BAYAREA. Dispersal-Vicariance Analysis (DIVA, Ronquist, 1997) is a parsimony model that considers vicariance more important than dispersal and does not consider different processes that can occur among sympatric lineages; Dispersal-Extinction-Cladogenesis (DEC, Ree et al., 2005; Ree & Smith, 2008) is a

parametric model that implements two types of sympatry processes (narrow and subset) but does not implement widespread vicariance; and BayArea is a Bayesian model that was created for analyses that involve a large number of areas and does not consider vicariant processes (Landis et al., 2013).

We compared all models implemented in ‘BioGeoBEARS’ using a time-stratified dispersal matrix (see Appendix S3 in Supporting Information), which multiplies dispersal probabilities between five areas (Cerrado, Amazonia, Atlantic Forest, Southern Caatinga, and Northern Caatinga) based on landscape evolution over geological time in the Neotropical region, with emergence and disappearance of barriers to species dispersal between areas over time. Such probabilities range from 0 to 1, with 0 meaning that a geographic barrier prevents dispersal and 1 meaning no dispersal limitation between areas. The time periods are related to geomorphological events and climate changes in the Neotropical region, which influenced the changes in the Amazonia, Atlantic Forest, Cerrado and Caatinga biomes in terms of landscape evolution and are briefly cited in Supplementary File 3. Because our goal was to test whether the SFr constituted a historical dispersal barrier to Caatinga’s lizard and amphisbaenian faunas, we ran the three models implemented in ‘BioGeoBEARS’ (DIVA, DEC and BAYAREA) with three different time-stratified dispersal matrices. The only difference between the matrices was the connectivity between the southern and northern portions of the Caatinga biome in the last time stratum (2.5 Ma, when the SFr acquired its current watercourse): 0.1, representing the hypothesis that this river constituted a barrier to dispersal; 0.5, representing a soft barrier hypothesis; and 0.9, representing little or almost no barrier to dispersal hypothesis. We compared the models using the Akaike information criterion (AIC) (Burnham & Anderson, 2004), first between the different models (DEC, DIVA and BAYAREA) and later within the same model type (with different time-stratified dispersal matrices).

The best fitting model chosen was analyzed using the Biogeographic Stochastic Mapping (BSM), which generates simulated histories conditional on the observed tree and given model and their parameters, including locations of all cladogenetic and anagenetic events and their ages along the branches given the simulation criteria. We averaged 50 BSM runs to estimate ancestral state probabilities and number, ages, and direction of dispersal and speciation events (Dupin et al., 2017) among the five areas. Although the time periods used here involve events as old as 180 Ma (the age of the phylogenetic tree used), we did not take

into account events before the Cenozoic (66 Ma) because the ancestral range probability reconstruction is highly unresolved geographically.

2.3.4. *Rates of species diversification*

Diversification, speciation, and extinction rates were estimated using BAMM version 2.5 (Bayesian Analysis of Macroevolutionary Mixtures) (Rabosky et al., 2014) and the ‘BAMMtools’ R package. BAMM uses reversible jump Markov chain Monte Carlo (MCMC) to detect and quantify heterogeneity in evolutionary rates on a phylogenetic tree and is considered an accurate approach among different evolutionary tests. Priors for speciation and extinction were set empirically using the “setBAMMpriors” function. We set the geometric prior on “expectedNumberOfShifts” to 1, as recommended in the BAMM documentation for clades smaller than 500 species. We performed BAMM with three runs each with 1 million MCMC generations and a sampling frequency of 1000. To identify the 95% credible set of distinct shift configurations, we used the ‘BAMMtools’ function “credibleShiftSet”. A “phylorate” graph with jenks natural breaks methods was used to show the mean marginal posterior density of diversification rates. We discarded a burn-in of 10% and confirmed that effective sample size values were appropriate. Rates-through-time plots were generated for speciation, extinction, and net diversification using “PlotRateThroughTime”.

2.4. Results

The DEC models had the lowest AIC values when compared to DIVALIKE and BAYAREALIKE, independently of the connectivity matrices incorporated, representing the best model type to our data (Table 1). Between the different time-stratified dispersal matrices, the models with the higher connectivity (0.9) between the Northern and Southern portions of Caatinga had the best support in our analyses (lowest AIC), regardless of the model used, suggesting that the SFr does not represent a historical barrier to dispersal across the Caatinga biome to lizard and amphisbaenian faunas (Table 1). Due to the combination of both model comparisons, we decided to use the DEC model with 0.9 connectivity as the most appropriated representation of the ancestral biogeographic estimation in the studied group (the

ancestral reconstruction figure of this model is available on the Appendix S1 in Supporting Information).

Table 01: Model comparison of the ancestral range reconstruction of lizard and amphisbaenian faunas in Neotropical biomes performed by the BioGeoBEARS package in R software. Connectivity corresponds to the test of the hypothesis that the São Francisco River acts as a historical barrier to species dispersal between the northern and southern portions of the Caatinga (see details in the text). The free parameters in the model area: *d*, rate of range expansion (i.e., dispersal) and *e*, rate of range contraction (i.e., extinction). The best model is highlighted.

Connectivity	Model	LnL	<i>d</i>	<i>e</i>	AIC	AICwt
0.1	DEC	-698.7	0.016	0.044	1402	1
	DIVALIKE	-761.6	0.0095	<0.001	1527	<0.001
	BAYAREALIKE	-842.1	0.0085	0.027	1688	<0.001
0.5	DEC	-695.4	0.017	0.048	1395	1
	DIVALIKE	-756.5	0.0095	<0.001	1517	<0.001
	BAYAREALIKE	-840.9	0.0085	0.027	1686	<0.001
0.9	DEC	-692.8	0.017	0.050	1390	1
	DIVALIKE	-753.3	0.0094	<0.001	1511	<0.001
	BAYAREALIKE	-839.9	0.0085	0.027	1684	<0.001

Amazonia was the largest source area for lizard and amphisbaenian faunas in the Caatinga biome (Figure 2a). Dispersal through Amazonia accounts for almost one-third of the clades in northern (32%) and southern (28.5%) Caatinga. Shifts between both Caatinga areas were the second largest in the number of dispersal events (26.5% for both areas). The Atlantic Forest and Cerrado contributed almost equally to the number of dispersal events in both northern and southern portions of Caatinga (between 19.5% and 22.5%) (Figure 2a). Caatinga was not only a sink but also a source area of lizard and amphisbaenian to other biomes (Figure 2a). Most dispersal events occurred between Caatinga's areas (northern and southern portions) followed by Atlantic Forest and Cerrado, with Amazonia being the sink area that least received Caatinga species shifts.

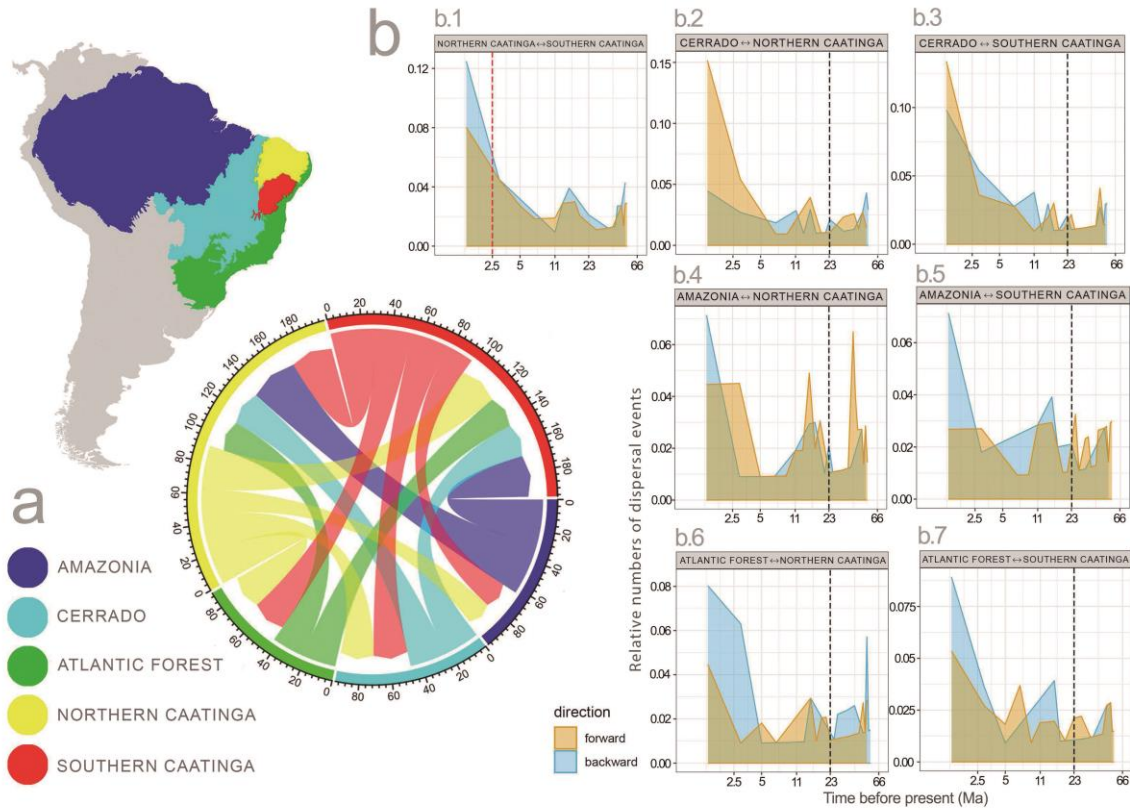


Figure 2: Numbers (a) and temporal patterns (b) of dispersal events of lizard and amphisbaenian lineages between areas into the northern and southern portions of Caatinga estimated by the DEC model (and summarized by BSM data tables). Biogeographical areas were based on the classification of Dinerstein et al. (2017) for the Neotropical region. The black dashed lines in the graphics represent the beginning of the transformation of the Caatinga landscape in the Miocene period (23 Ma), and the red dashed line represents the changes in the course of the São Francisco River in the Pleistocene (2.5 Ma). We plotted in the graphics (b) only dispersal events to the Cenozoic period (66 Ma), but older events were included in the total calculation of events (a). The relative number of dispersal events is the total number of dispersals divided by the log-number of lineages within each time bin (1 Ma).

Temporal patterns of dispersal events from adjacent areas into the Caatinga suggest multiple independent origins for the Squamate group in this biome, evidencing that northern and southern portions have been colonized since the Paleogene, with older origins, especially from Amazonia to Northern Caatinga (Figure 2b.4). An increase in dispersal events from all areas into the Caatinga was observed from the Early Miocene (23 Ma) onwards, with a decrease between the Late Miocene and Pliocene (11 - 5 Ma) and another rise since that to the present (Figure 2b). Despite some variations in time, the transitions between open vegetation areas (Cerrado and Caatinga) increased more and became predominant from the Late Miocene to the present (Figures 2b.2 and 2b.3).

Similar to dispersal events, temporal patterns of cladogenetic shifts show some ancient events since the Paleogene, although from the Early Miocene onwards, these events became more frequent (Figure 3a). The cladogenetic events that isolated lizard and amphisbaenian lineages in the Caatinga from distinct biomes occurred more frequently in the Oligocene and Early Miocene periods, while the *in situ* speciation events were more frequent in the Middle and Late Miocene periods (Figure 3a). These temporal patterns show that early divergences from forested habitat lineages could form the initial species *pool* adapted to the dry conditions of Caatinga preceding events of *in situ* speciation in a posterior period, generating the diversity patterns of species we currently know.

According to the BAMM analyses, the only shift in diversification rate within the lizards and amphisbaenians from Caatinga and its neighbors biomes was found in the Gekkota lineage (Figure 3), which was followed by a decrease in the diversification rate (represented by a cold color intensity). Apart from the Gekkota lineage, we can observe a relatively constant rate of speciation in the phylogenetic tree, with an apparent acceleration in the speciation rate in the tropidurid species (a subgroup of the Iguania lineage) in the Early Miocene (~23 Ma) identified by a warmer color intensity (Figure 3). Also a conspicuous increase in the net diversification rate at approximately 20 – 25 Ma was identified in the rate-through-time plot for Caatinga Squamata lineages (Figure 3b).

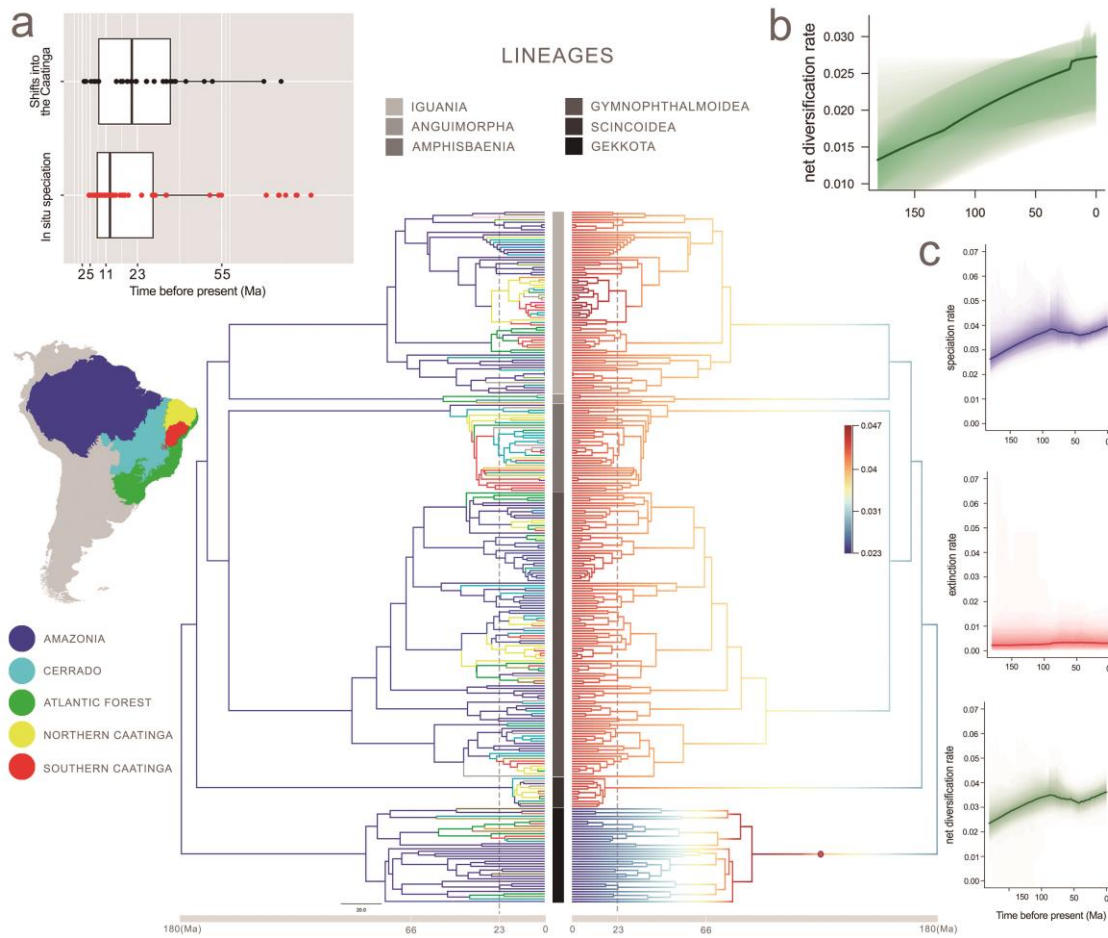


Figure 3: Reconstruction of ancestral geographic range based on the DEC model (left) and speciation rate plot (phylorate) (right) showing the best configuration shift identified by BAMM for the phylogenetic tree used in the present work. Color intensity across branches in the phylorate (right) is proportional to changes in diversification rates. The gray dashed lines in the tree represent the beginning of the transformation of the Caatinga landscape in the Miocene period (23 Ma). a: Temporal patterns of cladogenetic events (vicariance and sympatry) leading to isolation of Caatinga lizard and amphisbaenian lineages from adjacent biomes (black points) versus *in situ* speciation events (red points). Data about event ages were estimated by the DEC model and summarized in BSM tables. b: Net diversification rate plot considering only the species present in the Caatinga biome. c: rates-through-time plots based on BAMM estimations, considering all bioregions together. The shaded areas around the curves correspond to 95% CIs of the estimated rates.

2.5. Discussion

Although the Neotropical region is considered the most biodiverse worldwide, little is known about the role of landscape evolution in driving diversification and current distributions for most groups of organisms. Here, we show how the current diversity patterns of Caatinga lizards and amphisbaenians were the result of pervasive faunal exchanges from adjacent biomes since the Paleogene, with Amazonia representing the most important source area. Besides older dispersal events coming especially from forested habitats, since the Late

Miocene, the transitions between open vegetation areas (Cerrado and Caatinga) became predominant. An increase in the diversification rate in the Early Miocene and the more recent *in situ* speciation events from the Middle and Late Miocene highlights the role of Neogene geomorphological events in shaping Caatinga dry-adapted squamate diversification. Finally, our findings indicated that SFr does not represent a historical barrier to dispersal across the Caatinga biome to lizard and amphisbaenian faunas.

2.5.1. *Historical evolution of lizard and amphisbaenian faunas in Caatinga*

The biotic interchange among distinct biomes significantly influences adaptation and diversification processes. Amazonia has been pointed as a primary source of Neotropical biodiversity and ancestral range for several clades currently present in other biomes (Antonelli et al., 2018; Cassemiro et al., 2023). In the present study, Amazonia was also identified as the largest source area and had the greatest number of older dispersal events into the Caatinga. This was expected once during the Paleogene until the Early Miocene, when the Brazilian northeast was a diverse rainforest (Hoorn et al., 2010; Jaramillo & Cárdenas, 2013). Due to open areas being younger than forested habitats in the Neotropical region (Azevedo et al., 2020), they could afford more empty niches that allowed colonization and diversification. Thus, several species groups dispersed from wet and forested ancestral habitats to drier and open new habitat transitions (Pontes-Nogueira et al., 2021; Zizka et al., 2020), including lizards and amphisbaenians (Lanna et al., 2022, present study).

During the Middle and especially Late Miocene, faunal transitions between open vegetation areas (Cerrado and Caatinga) increased and exceeded the transitions from forested areas into the Caatinga. This is temporally congruent with climate changes and geomorphological events in northeastern Brazil. These events led to the establishment of semiarid climatic conditions (Harris & Mix, 2002), to the increase in aridity by the Andean (Hoorn et al., 2022) and Borborema Plateau (Klöcking et al., 2020) uplifts and massive erosion of the Paleo-Mesozoic sediments that culminated in the formation of the lower-level peneplain called *Depressão Sertaneja* (Japsen et al., 2012; Peulvast et al., 2008). Furthermore, the diversification of plant lineages of the Caatinga and Cerrado took place during the Late Miocene and Pliocene periods (Fernandes et al., 2022; Simon et al., 2009). These concurrent origins of open vegetation biomes in the Neotropics could have facilitated faunal exchange of

open habitat-adapted species and could also explain the common evolutionary history of several clades present today in Caatinga and Cerrado, such as *Tropidurus*, *Eurolophosaurus*, *Psilops* and *Amphisbaena* species (Supplementary File 1).

The diversification patterns of lizard and amphisbaenian faunas of the Neotropical biomes analyzed in the present study revealed the only one shift in the diversification rate localized in the Gekkota lineage (Figure 3). However, the conclusion about diversification in this group might be influenced by the lack of species in this lineage since the geckos were pointed to have colonized South America directly from the African continent, arriving multiple times over tens of millions of years (Gamble et al., 2011). Once BAMM documentation recommended fixed the expected number of shifts to 1 for clades smaller than 500 species (our case), we explored changes in diversification in the tree also based in color intensity variation and identified an apparent acceleration in the speciation rate in tropidurid species (a subgroup of the Iguania lineage) in the Early Miocene (~23 Ma) (Figure 3). The tropidurid group are composed by typically open area species and acceleration in diversification rate in this group could be expected when open biomes were formed in Neogene period, including both Caatinga and Cerrado species.

The Neogene climate changes and geomorphological events that shaped the landscape of northeastern Brazil seem to be crucial to lizard and amphisbaenian diversification of the Caatinga. We found an increase in the diversification rate in this group in Caatinga occurred in the Early Miocene (Figure 3b), which could indicate that habitat changes in the region should favor species able to tolerate warmer and more variable climatic conditions, with irradiation of typical open area taxa, such as tropidurid species. Many tropidurids have marked ecomorphological adaptations to a saxicolous life history, and the diversification of the group could be temporally associated with bedrock outcrops exposed after postrift denudation in Miocene times (Gurgel et al., 2013; Peulvast et al., 2008). Some traits were identified as essential for the occupation of new open habitats by lizard species from forested areas, including attaining higher mean body temperature and being more terrestrial and saxicolous (Lanna et al., 2022). The increase in faunal transitions between Caatinga and Cerrado and the greater number of *in situ* speciation events within Caatinga lineages in the Late Miocene indicate the successful establishment of dry-adapted fauna in this period. Concurrent, there was a relative increase in grazers and mixed feeders “ungulates” in South America, evidencing the prevalence of dry and open habitats (Ortiz-Jaureguizar & Cladera, 2006). Similarly, the expansion of open woodland and savanna areas

in sub-Saharan Africa was associated with diversification in galagid lineages in the Late Miocene (Pozzi, 2016).

Several studies have debated the role of climate changes in Quaternary versus Neogene geomorphological events in determining the origin and diversification of Neotropical biodiversity (Colli, 2005; Costa et al., 2018; Haffer, 1969; Vanzolini, 1976). Pleistocene climatic fluctuations have been pointed to affect the extent of forested and open vegetation in South America (Costa et al., 2018). Thus, the successive cycles of vegetation expansion and retraction, derived from high variation in temperature and precipitation, led to species dispersal and forced population isolation and divergence, promoting allopatric speciation in forest refuges (Haffer, 1969). Conversely, Neogene geomorphological events can respond to deep splits in evolutionary history and broad Neotropical biodiversity patterns (Colli, 2005; Hoorn et al., 2023), limiting Pleistocene influence to distributional shifts and genetic signatures in many groups (Camurugi et al., 2022; Carnaval et al., 2009; Lanna et al., 2020; Werneck et al., 2012). Our results reinforce the influences of Neogene geomorphological events on the origin of the crown lineages and diversification of the Caatinga squamate biota. They have been identified as primary determinants of genera and species diversification in open biomes (Giugliano et al. 2007; Werneck et al., 2012) and have led to deep influences on Cerrado herpetofaunal diversification (Colli, 2005).

The Caatinga is considered a Seasonally Dry Tropical Forest, but some differences in geology, soils and rainfall gradients are responsible for generating a set of different ecosystems and plant communities within this region, such as scattered rainforests, riparian forests and savanna enclaves (Moro et al., 2016; Pennington et al., 2009). These local highly heterogeneous environments could have facilitated faunal exchange with their neighboring forested biomes even when more dry conditions had been established and open vegetation became predominant since the Late Miocene onward (Fernandes et al., 2022). In addition, several lines of evidence have indicated the existence of forested corridors crossing the Caatinga region during Pleistocene climatic fluctuations (Batalha-Filho et al., 2013; Ledo & Colli, 2017). These cyclical oscillations of expansion and contraction of forested habitats associated with mosaics of different habitats could explain the current presence of some typical forested lineages in the Caatinga region. They include lizard species restricted to relictual enclaves of moist forest or riparian vegetation, such as *Polychrus marmoratus*, *Gonatodes humeralis*, *Stenolepis ridleyi* and *Leposoma baturitensis*. The mosaics of different habitats and the Pleistocene forested connections between Amazonia and Atlantic Forest

could also serve as entrance pathways to colonization and successful establishment of new lineages without requiring immediate adaptations to dryer conditions, facilitating shifts with neighboring biomes. This probably happened within the genus *Enyalius*, which are lizards widely distributed in Atlantic Forest, occurring in relictual forested habitats in Caatinga (Rodrigues et al., 2014).

2.5.2. *São Francisco River as a barrier to dispersal*

The SFr is the largest perennial river in Caatinga, with extension of nearly 3,000 km, and its Quaternary sand dunes have served historically as an important cis-Andean center of diversification (Rodrigues, 1996, 2002). By bisecting Caatinga in the northern and southern portions, several studies have been pointed it as an important barrier to species dispersal, limiting the distribution of approximately half of the species to one of its banks (Gonçalves-Sousa et al., 2022, present study - Supplementary File 1) and geographically structuring populations from opposite margins (Coelho et al., 2022; Werneck et al., 2012, 2015), which highlights its role in promoting phylogeographic structure and species differentiation.

However, the best model recovered in the present study shows that SFr does not represent a historical barrier to dispersal of lizards and amphisbaenians across the Caatinga. Although evolutionary patterns of several lizard species have suggested that the SFr acts as a barrier promoting diversification at the intraspecific level (Coelho et al., 2022; Werneck et al., 2012), some widespread Caatinga lineages do not show genetic differentiation on either side of the SFr (Camurugi et al., 2022; Oliveira et al., 2015; Recoder & Rodrigues, 2020). Other studies classify SFr as a soft barrier to gene flow (Coelho et al., 2022; Lanna et al., 2020) because its more recent time of population divergence highlights that SFr strength as a barrier varies among species, with dispersal capability being a determining factor.

The SFr dune system constitutes an important center of endemism of Caatinga squamates (Mesquita et al., 2017; Rodrigues, 1996), and some species pairs are restricted to sandy habitats at opposite banks of the river in genera such as *Calyptommatus* and *Nothobachia*. Divergence times for these psammophilous fossorial lizard species (Recoder et al., 2022; Siedschlag et al., 2010) suggest that the river may also act as a vicariant barrier and lead to speciation processes (Recoder & Rodrigues, 2020). In tropidurid species, with marked ecomorphological adaptations to a saxicolous lifestyle, we can find divergences and genetic population structuring associated with SFr banks (Werneck et al., 2015).

Therefore, many of the known examples in which SFr acts as a gene flow barrier or plays an important role in species diversification involve small and leg-reduced fossorial (*Calyptommatus* spp., (Siedschlag et al., 2010), saxicolous (*Tropidurus semitaeniatus*, Werneck et al., 2015) or nocturnal geckos (*Phyllopezus pollicaris*, Werneck et al., 2012), all traits associated with small-ranged lizard species (Meiri et al., 2018). Thus, we argue that the current watercourse of SFr did not act as a riverine barrier to species dispersal in the Caatinga squamate group as a whole, but it can effectively limit dispersal only to species with low dispersal capability. Additionally, the lack of genetic structure between river margins in several widespread reptile species provides no support for the hypothesis that the river is a vicariant barrier even for all SFr system dune reptiles (Recoder & Rodrigues, 2020). Thus, although SFr has been shown to reduce gene flow and facilitate allopatric speciation, the intensity of this resistance to dispersal depends on the ability of different organisms to cross them, which can occur in the majority of squamate group.

Regarding species composition, the SFr seems to play a strong role as a historical factor structuring assemblages on a regional scale, but environmental and climatic differences between northern and southern portions of Caatinga also led to different responses of lizard assemblages to aridity (Gonçalves-Sousa et al., 2022). The northern portion contains less diverse assemblages because it has highly concentrated rainfall and extensive desertification areas, while the southern portion experiences higher levels of humidity and greater floristic diversity (Queiroz et al., 2017; Gonçalves-Sousa et al., 2022). Differences in geological and climatic evolutionary histories between southern and northern portions of Caatinga could also influence the present-day differences in diversity patterns, assemblage composition and genetic diversity of species distributed across this biome, since areas from southern Caatinga had unstable and more recent occupation by open vegetation (Werneck et al., 2011).

More than one-third of the species restricted to one of the SFr banks (23 from a total of 62) are composed of montane relictual species (limited to areas above 600 m altitude) (Uchôa et al., 2022). These are endemic species with their closest relatives from Amazonia and Atlantic Forest (e.g., *Leposoma baturitensis*, *Placosoma limaverdorum*) or typical Amazonian and Atlantic species with disruptive distribution within Caatinga (e.g., *Polychrus marmoratus*, *Stenolepis ridleyi* and *Strobilurus torquatus*). For these species, the most restrictive factors to dispersal are the dry climate conditions and the open vegetation of Caatinga surrounding the forested mountains and not the SFr. Their present distributions could be associated with past formation of intermittent forested corridors across the Caatinga

region. These forested corridors have been suggested to shape the genetic diversity of some endemic frog species (Thomé *et al.*, 2016) and could also explain part of the differences in species composition between the northern and southern portions of Caatinga.

2.6. Conclusions

Historical biogeography helps us to understand the role of geomorphological events changing landscape and climate conditions in determining biota assemblages. Here, we show that repeated interchanges between surrounding biomes since the Paleogene associated with more recent *in situ* speciation events originated the actual Caatinga lizard and amphisbaenian faunas. Amazonia was identified as the most important source area for Caatinga in terms of number of dispersal events, but since the Late Miocene onwards, shifts between open vegetation areas were more representative in Caatinga colonization. The landscape transformation and climate changes that increased aridity in northeastern Brazil have shaped dry-adapted fauna diversification in the Miocene period and are crucial to current assembly patterns of Caatinga squamate fauna. We find no support for the hypothesis that changes in SFr watercourse that occurred in the Pleistocene period played an important barrier to species dispersal in the lizard and amphisbaenian faunas as a whole group, and perhaps the riverine barrier only works for species with low dispersal capability.

Biosketch

Castiele H. Bezerra is interested in the biogeography and community ecology, especially in reptiles group. This work represents a component of her PhD work at Federal University of Ceará, in Brazil, on the diversity patterns of lizards in South America. She and other authors (ARLR and RWA) collaborate on questions of systematics and biodiversity of reptiles and amphibians based at Federal University of Ceará (see NUROF-UFC, <https://nurof.ufc.br/pt/>).

Author contributions: CHB and ARLR conceived the ideas and analyzed the data; FASC oriented the data analysis; ARLR made the figures; CHB collected the data and led the writing with assistance from FASC, JFMR and RWA.

2.7. Supporting Information

Appendix S1: Geographic distribution of species used in the present work. Areas legends: A - Amazonia; B – Cerrado; C – Atlantic Forest; D – North portion of Caatinga; E – South portion of Caatinga.

Species	Amazonia	Cerrado	Atlantic Forest	Northern Caatinga	Southern Caatinga
<i>Acratosaura mentalis</i>	0	0	1	1	1
<i>Acratosaura spinosa</i>	0	0	0	0	1
<i>Alopoglossus angulatus</i>	1	0	0	0	0
<i>Alopoglossus atriventris</i>	1	0	0	0	0
<i>Alopoglossus brevifrontalis</i>	1	0	0	0	0
<i>Alopoglossus buckleyi</i>	1	0	0	0	0
<i>Alopoglossus copii</i>	1	0	0	0	0
<i>Alopoglossus kugleri</i>	1	0	0	0	0
<i>Amapasaurus tetradactylus</i>	1	0	0	0	0
<i>Ameiva ameiva</i>	1	1	1	1	1
<i>Ameivula confusioniba</i>	0	0	0	1	0
<i>Ameivula jalapensis</i>	0	1	0	0	0
<i>Ameivula mumbuca</i>	0	1	0	0	0
<i>Ameivula nigrigula</i>	0	0	0	0	1
<i>Ameivula ocellifera</i>	0	1	1	0	1
<i>Ameivula pyrrhogularis</i>	0	0	0	1	0
<i>Anisolepis grilli</i>	0	1	1	0	0
<i>Anolis auratus</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis bombiceps</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis brasiliensis</i>	0	1	1	1	0
<i>Anolis chrysolepis</i>	1	1	0	0	0
<i>Anolis fuscoauratus</i>	1	0	1	1	1
<i>Anolis meridionalis</i>	0	1	0	0	0
<i>Anolis ortonii</i>	1	0	1	0	0
<i>Anolis planiceps</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis punctatus</i>	1	0	1	0	0
<i>Anolis scypheus</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis squamulatus</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis tandai</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis tigrinus</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis trachyderma</i>	1	0	0	0	0
<i>Anolis transversalis</i>	1	0	0	0	0
<i>Anotosaura collaris</i>	0	0	0	0	1
<i>Anotosaura vanzolinia</i>	0	0	1	1	1

Arthrosaura_kockii	1	0	0	0	0
Arthrosaura_reticulata	1	0	0	0	0
Aspronema_dorsivittatum	0	1	1	0	1
Bachia_bresslaui	0	1	0	0	0
Bachia_dorbignyi	1	0	0	0	0
Bachia_flavescens	1	0	0	0	0
Bachia_guianensis	1	0	0	0	0
Bachia_micromela	0	1	0	0	0
Bachia_oxyrhina	0	1	0	0	0
Bachia_panoplia	1	0	0	0	0
Bachia_peruana	1	0	0	0	0
Bachia_remota	1	0	0	0	0
Bachia_scaea	1	0	0	0	0
Bachia_trisanale	1	0	0	0	0
Basiliscus_basiliscus	1	0	0	0	0
Brasiliscincus_agilis	0	0	1	0	0
Brasiliscincus_heathi	0	1	1	1	1
Calyptommatius_confusionibus	0	0	0	1	0
Calyptommatius_frontalis	0	0	0	1	0
Calyptommatius_leiolepis	0	0	0	1	1
Calyptommatius_nicterus	0	0	0	0	1
Calyptommatius_sinebrachiatus	0	0	0	0	1
Cercosaura_anordosquama	1	0	0	0	0
Cercosaura_argulus	1	0	0	0	0
Cercosaura_bassleri	1	0	0	0	0
Cercosaura_eigenmanni	1	0	0	0	0
Cercosaura_ocellata	1	0	0	0	0
Cercosaura_olivacea	1	1	1	1	1
Cercosaura_oshaghnessyi	1	0	0	0	0
Cercosaura_schreibersii	0	1	1	0	0
Chatogekko_amazonicus	1	0	0	0	0
Cnemidophorus_cryptus	1	0	0	0	0
Cnemidophorus_gramivagus	1	0	0	0	0
Cnemidophorus_lemniscatus	1	0	0	0	0
Coleodactylus_brachystoma	0	1	0	0	0
Coleodactylus_meridionalis	0	1	1	1	1
Coleodactylus_natalensis	0	0	1	0	0
Coleodactylus_septentrionalis	1	0	0	0	0
Colobodactylus_taubayi	0	0	1	0	0
Colobosaura_modesta	1	1	1	1	0
Colobosauroides_carvalhoi	0	0	0	1	0
Colobosauroides_cearensis	0	0	0	1	0
Copeoglossum_arajara	0	0	0	1	0
Copeoglossum_nigropunctatum	1	1	0	1	1

Crocodilurus_amazonicus	1	0	0	0	0
Diploglossus_fasciatus	1	0	1	0	0
Diploglossus_lessonae	0	0	1	1	1
Dracaena_guianensis	1	0	0	0	0
Dryadosaura_nordestina	0	0	1	0	0
Ecpleopus_gaudichaudii	0	0	1	0	0
Enyalioides_cofanorum	1	0	0	0	0
Enyalioides_laticeps	1	0	0	0	0
Enyalioides_microlepis	1	0	0	0	0
Enyalioides_palpebralis	1	0	0	0	0
Enyalius_bibronii	0	0	1	1	1
Enyalius_bilineatus	0	0	1	0	1
Enyalius_brasiliensis	0	0	1	0	0
Enyalius_catenatus	0	0	1	0	1
Enyalius_erythrocephalus	0	0	0	0	1
Enyalius_iheringii	0	0	1	0	0
Enyalius_leechii	1	0	0	0	0
Enyalius_perditus	0	0	1	0	0
Enyalius_pictus	0	0	0	0	1
Exila_nigropalmata	1	0	0	0	0
Eurolophosaurus_amathites	0	0	0	0	1
Eurolophosaurus_divaricatus	0	0	0	1	0
Eurolophosaurus_nanuzae	0	1	0	0	0
Glaucomastix_abaetensis	0	0	1	0	0
Glaucomastix_cyanura	0	0	0	0	1
Glaucomastix_venetacauda	0	0	0	1	0
Gonatodes_albogularis	1	0	0	0	0
Gonatodes_annularis	1	0	0	0	0
Gonatodes_concinnatus	1	0	0	0	0
Gonatodes_eladioi	1	0	0	0	0
Gonatodes_falconensis	1	0	0	0	0
Gonatodes_hasemani	1	0	0	0	0
Gonatodes_humeralis	1	1	0	1	0
Gonatodes_riveroi	1	0	0	0	0
Gonatodes_vittatus	1	0	0	0	0
Gymnodactylus_amarali	0	1	0	0	0
Gymnodactylus_darwini	0	0	1	0	0
Gymnodactylus_geckoides	0	1	1	1	1
Gymnodactylus_vanzolinii	0	0	0	0	1
Gymnophthalmus_leucomystax	1	0	0	0	0
Gymnophthalmus_underwoodi	1	0	0	0	0
Hemidactylus_agrius	0	0	0	1	1
Hemidactylus_brasilianus	0	1	1	1	1
Hemidactylus_palaichthus	1	0	0	0	0

Heterodactylus_imbricatus	0	0	1	0	0
Heterodactylus_lundii	0	1	0	0	0
Heterodactylus_septentrionalis	0	0	0	0	1
Hoplocercus_spinosus	0	1	0	1	0
Iguana_iguana	1	1	1	1	1
Iphisa_elegans	1	0	0	0	0
Kentropyx_altamazonica	1	0	0	0	0
Kentropyx_calcarata	1	1	1	1	1
Kentropyx_paulensis	0	1	0	0	0
Kentropyx_pelviceps	1	0	0	0	0
Kentropyx_striata	1	0	0	0	0
Kentropyx_vanzoi	0	1	0	0	0
Kentropyx_viridistriga	0	1	0	0	0
Lepidoblepharis_heyeroorum	1	0	0	0	0
Lepidoblepharis_hoogmoedi	1	0	0	0	0
Lepidoblepharis_nukak	1	0	0	0	0
Leposoma_annectans	0	0	1	0	0
Leposoma_baturitensis	0	0	1	1	0
Leposoma_scincoides	0	0	1	0	0
Loxopholis_guianense	1	0	0	0	0
Loxopholis_osvaldoi	1	0	0	0	0
Loxopholis_parietalis	1	0	0	0	0
Loxopholis_percarinatum	1	1	0	0	0
Loxopholis_rugiceps	1	0	0	0	0
Lygodactylus_klugei	0	1	0	1	1
Lygodactylus_wetzeli	0	1	0	0	0
Manciola_guaporicola	0	1	0	0	0
Micrablepharus_atticolus	1	1	0	0	0
Micrablepharus_maximiliani	1	1	1	1	1
Neusticurus_bicarınatus	1	0	0	0	0
Neusticurus_juruazensis	1	0	0	0	0
Neusticurus_racenisi	1	0	0	0	0
Neusticurus_rudis	1	0	0	0	0
Notobachia_ablephara	0	0	0	1	0
Notomabuya_frenata	1	1	1	1	1
Ophiodes_fragilis	0	1	1	0	0
Ophiodes_striatus	0	1	1	1	1
Oreosaurus_achlyens	1	0	0	0	0
Phyllopezus_diamantino	0	0	0	0	1
Phyllopezus_lutzae	0	0	1	0	1
Phyllopezus_periosus	0	0	1	1	1
Phyllopezus_pollicaris	0	1	1	1	1
Phyllopezus_selmae	0	0	1	0	0
Placosoma_cordylinum	0	0	1	0	0

Placosoma_glabellum	0	0	1	0	0
Placosoma_limaverdorum	0	0	0	1	0
Plica_medemi	1	0	0	0	0
Plica_lumaria	1	0	0	0	0
Plica_plica	1	0	0	0	0
Plica_umbra	1	0	0	0	0
Polychrus_acutirostris	1	1	1	1	1
Polychrus_liogaster	1	1	0	0	0
Polychrus_marmoratus	1	0	1	1	0
Potamites_ecpleopus	1	0	0	0	0
Potamites_strangulatus	1	0	0	0	0
Pseudogonatodes_gasconi	1	0	0	0	0
Pseudogonatodes_guianensis	1	0	0	0	0
Pseudogonatodes_lunulatus	1	0	0	0	0
Pseudogonatodes_manessi	1	0	0	0	0
Psilops_mucugensis	0	0	0	0	1
Psilops_paeminus	0	0	0	1	1
Psilops_seductus	0	1	0	0	0
Procellosaurinus_erythrocerus	0	0	0	1	1
Procellosaurinus_tetradactylus	0	0	0	1	0
Psychosaura_agmosticha	0	0	0	1	1
Psychosaura_macrorhyncha	0	0	1	1	1
Rheosaurus_sulcarostrum	1	0	0	0	0
Salvator_duseni	0	1	0	0	0
Salvator_merianae	1	1	1	1	1
Scriptosaura_catimbau	0	0	0	1	0
Sphaerodactylus_molei	1	0	0	0	0
Stenocercus_aculeatus	1	0	0	0	0
Stenocercus_caducus	0	1	0	0	0
Stenocercus_dumerilii	1	1	0	0	0
Stenocercus_fimbriatus	1	0	0	0	0
Stenocercus_quinari	0	1	0	0	0
Stenocercus_roseiventris	1	0	0	0	0
Stenocercus_sinesaccus	1	1	0	0	0
Stenocercus_squarrosus	0	0	0	1	0
Stenocercus_tricristatus	0	1	0	0	0
Stenolepis_ridleyi	0	0	1	1	0
Strobilurus_torquatus	0	0	1	1	0
Teius_oculatus	0	0	1	0	0
Teius_teyou	0	1	0	0	0
Thecadactylus_rapicauda	1	0	0	0	0
Thecadactylus_solimoensis	1	0	0	0	0
Tretioscincus_agilis	1	0	0	0	0
Tretioscincus_bifasciatus	1	0	0	0	0

Tropidurus_cocorobensis	0	0	0	1	1
Tropidurus_erythrocephalus	0	0	0	0	1
Tropidurus_etheridgei	0	1	0	0	0
Tropidurus_lagunablanca	0	1	0	0	0
Tropidurus_helenae	0	0	0	1	0
Tropidurus_hispidus	1	1	1	1	1
Tropidurus_hygomi	0	0	1	0	0
Tropidurus_itambere	1	1	0	0	0
Tropidurus_jaguaribanus	0	0	0	1	0
Tropidurus_montanus	0	1	0	0	1
Tropidurus_mucujencis	0	0	0	0	1
Tropidurus_oreadicus	1	1	0	1	1
Tropidurus_pinima	0	0	0	1	1
Tropidurus_psammonastes	0	0	0	1	0
Tropidurus_semitaeniatus	0	1	1	1	1
Tropidurus_sertanejo	0	0	0	0	1
Tropidurus_torquatus	0	1	1	0	0
Tupinambis_cryptus	1	0	0	0	0
Tupinambis_cuzcoensis	1	0	0	0	0
Tupinambis_longilineus	1	0	0	0	0
Tupinambis_quadrilineatus	0	1	0	0	0
Tupinambis_teguixin	1	1	0	1	0
Uracentron_azureum	1	0	0	0	0
Uracentron_flaviceps	1	0	0	0	0
Uranoscodon_superciliosus	1	0	0	0	0
Urostrophus_vautieri	0	0	1	0	0
Vanzosaura_multiscutata	0	0	0	1	1
Vanzosaura_rubricauda	0	1	0	0	0
Vanzosaura_savanicola	0	1	0	0	0
Varzea_altamazonica	1	0	0	0	0
Varzea_bistriata	1	1	1	0	0
Amphisbaena_acangaoba	0	0	0	0	1
Amphisbaena_acrobeles	0	1	0	0	0
Amphibaena_alba	1	1	1	1	1
Amphisbaena_anaemariae	0	1	0	0	0
Amphisbaena_anomala	1	0	0	1	0
Amphisbaena_arda	0	0	0	1	0
Amphisbaena_arenaria	0	0	0	0	1
Amphisbaena_bahiana	0	0	0	0	1
Amphisbaena_caetitensis	0	0	0	0	1
Amphisbaena_carvalhoi	0	0	0	1	0
Amphisbaena_dubia	0	1	0	0	0
Amphisbaena_frontalis	0	1	0	1	1
Amphisbaena_fuliginosa	1	1	0	1	0

Amphisbaena_heathi	0	0	1	1	0
Amphisbaena_leeseri	0	1	0	0	0
Amphisbaena_littoralis	0	0	0	1	0
Amphisbaena_longinqua	0	0	0	0	1
Amphisbaena_lumbricalis	0	0	0	1	1
Amphisbaena_mertensii	0	1	1	0	0
Amphisbaena_miringoera	0	1	0	0	0
Amphisbaena_mongoyo	0	0	0	0	1
Amphisbaena_pretrei	0	1	0	1	1
Amphisbaena_prunicolor	0	0	1	0	0
Amphisbaena_roberti	0	1	0	0	0
Amphisbaena_slevini	1	0	0	0	0
Amphisbaena_supernumeraria	0	0	0	1	0
Amphisbaena_uroxena	0	0	0	0	1
Amphisbaena_vanzolinii	1	0	0	0	0
Amphisbaena_vermicularis	0	1	1	1	1
Leposternon_cerradensis	0	1	0	0	0
Leposternon_infraorbitale	0	1	0	0	0
Leposternon_microcephalum	0	1	1	0	0
Leposternon_octostegum	0	0	1	0	0
Leposternon_polystegum	0	1	1	1	1
Mesobaena_rhachicephala	1	0	0	0	0

Appendix S2: Results of ancestral geographic range estimation using a subset of our species dataset (with 186 species) containing only species with DNA data from the consensus tree of Tonini et al. (2016).

- Here we also recovered DEC as the best fitting model (Table 01) with 0.9 of connectivity between northern and southern portions of Caatinga. This indicates that the SFr do not represent historical barrier to dispersal across Caatinga biome to lizard and amphisbaenian faunas, since the models with higher connectivity has smaller number of AICc.

Table 01: Models comparisons on the ancestral range reconstruction of lizard and amphisbaenians clades in Neotropical biomes performed by BioGeoBEARS package in R software. Connectivity correspond to hypothesis test about the São Francisco river acting as barrier to species dispersal between northern and southern portions of Caatinga (see details in the text). The free parameters in models area: *d*, rate of range expansion (i.e. dispersal) and *e*, rate of range contraction (i.e. extinction). Best model (DEC) are highlighted.

Connectivity	Model	LnL	d	e	AICc	AICwt
	DEC	-492.5	0.013	0.022	989	1
0.1	DIVALIKE	-534.9	0.0097	0.0002	1074	<0.001
	BAYAREALIKE	-572	0.0082	0.023	1148	<0.001

	DEC	-490.1	0.013	0.023	984.3	1
0.5	DIVALIKE	-530.4	0.0097	0.0002	1065	<0.001
	BAYAREALIKE	-571.1	0.0082	0.023	1146	<0.001
	DEC	-488.2	0.014	0.024	980.6	1
0.9	DIVALIKE	-527.6	0.0097	0.0002	1059	<0.001
	BAYAREALIKE	-570.3	0.0082	0.023	1145	<0.001

- Similar to results from main manuscript, Amazonia here was the largest source area for lizard and amphisbaenian faunas in Caatinga biome and the proportions of shifts between areas were similar to those founded using the fully dataset (Figure 1). Dispersal through Amazonia accounts for almost one-third of the clades in northern (32.8%) and southern (28.7%) Caatinga. Shifts between both Caatinga's areas were the second most representative source area in numbers of dispersal events (29.1% northern → southern Caatinga; 23.4% southern → northern Caatinga). Atlantic Forest and Cerrado contributed almost equal in number of dispersal events to both northern and southern portions of Caatinga (between 20% to 22.8%):

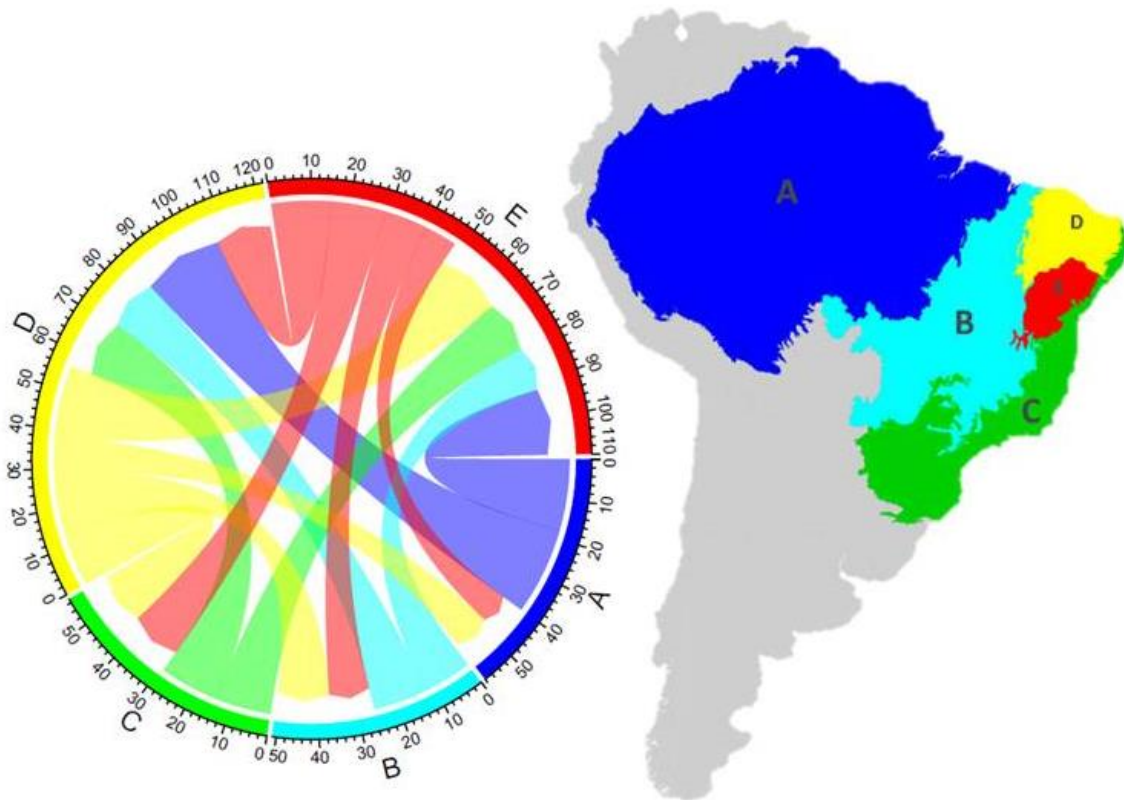


Figure 1: Biogeographical units used in the present work based in classification of Dinerstein *et al.* (2017) for Neotropical region and mean number of dispersal events of lizard and amphisbaenian faunas among Caatinga and adjacent biomes estimated from DEC model reconstruction. Biogeographic areas correspondence is: A –

Amazonia; B – Cerrado; C – Atlantic Forest; D – Northern portion of Caatinga; E – Southern portion of Caatinga.

- The temporal patterns of dispersal events from adjacent areas into the Caatinga shows some differences but similar general results those founded with fully dataset from the main manuscript. The northern and southern portions of Caatinga have been colonized since Paleogene, with older origins especially from Amazonia. An increase in dispersal events from Amazonia and Cerrado into the Caatinga was observed from early Miocene (23 Ma) onwards. Atlantic Forest and Caatinga increase the shifts of fauna mostly from Pliocene (~5 Ma) onward.

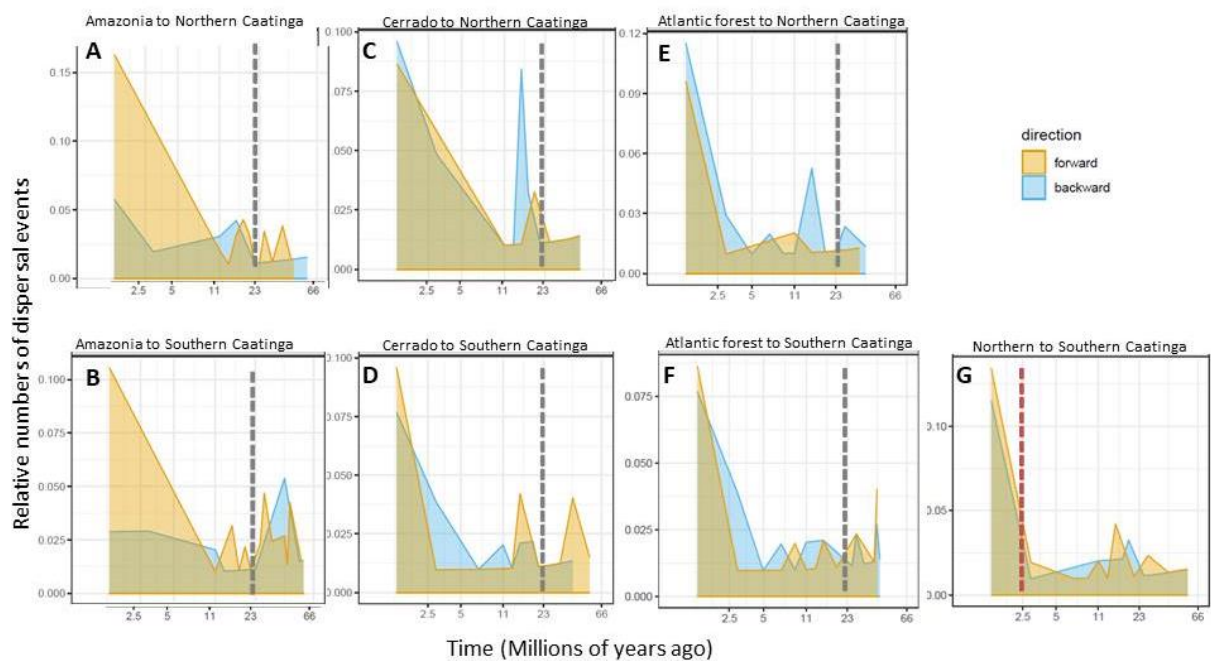


Figure 2: Temporal patterns of dispersal events of lizard and amphisbaenian lineages between areas into northern and southern Caatinga estimated by DEC model (summarized by BSM data tables) in Cenozoic period. The dashed lines in A to F graphics represent the begging of Caatinga formation like we know actually, and in G graphic represent the changes of the course of the São Francisco river. We plotted here only dispersal events since 66 Ma, but older events were included in the total calculation of events. The relative number of dispersal events is the total number of dispersals divided by the log-number of lineages within each time bin (1 Ma).

- Temporal patterns of cladogenetic events were similar to those founded with fully dataset from the main manuscript. Ancient events since Paleogene isolated lineages in Caatinga, although were from Miocene onwards that these events became more frequent (Figure 3). The cladogenetic events that isolated squamate lineages in the Caatinga from distinct biomes occurred in more frequency since Oligocene and more frequently in Early Miocene, while the *in situ* speciation events were more frequent in Middle and Late Miocene periods (Figure 3).

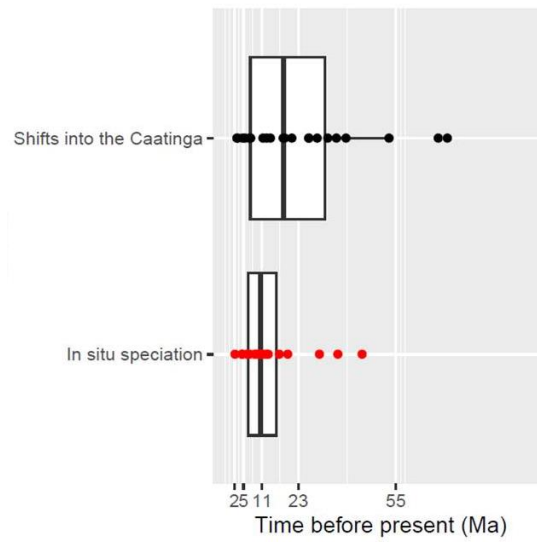


Figure 3: Temporal patterns of cladogenetic events (vicariance and sympatry) leading to isolation of Caatinga lizard and amphisbaenian lineages of clades from adjacent biomes versus *in situ* speciation. Data about event ages was estimated by DEC model and summarized in BSM tables.

Appendix S3: The time stratified matrix file. It is divided into time slices corresponding to windows of millions of years and multiplies dispersal probabilities between different areas based on landscape evolution over geological time in the Neotropical region. Such probabilities range from 0 to 1, with 0 meaning that a geographic barrier prevents dispersal and 1 meaning no dispersal limitation between two areas.

Time stratified dispersal matrix with important geomorphological events and climate changes that shaped landscape evolution

The São Francisco river acquire its current watercourse

Pleistocene climatic fluctuations

2.5 Ma - present	Amazonia	Cerrado	Atlantic Forest	Northern Caatinga	Southern Caatinga
Amazonia	1	0.8	0.6	0.6	0.6
Cerrado	0.8	1	0.8	0.8	0.8
Mata_Atlantica	0.6	0.8	1	0.8	0.8
Norte_Caatinga	0.6	0.8	0.8	1	0.1
Sul_Caatinga	0.6	0.8	0.8	0.1	1

Global and regional aridity increase; South American Dry Diagonal formation

Erosion of paleomesozoic sediments in Northeastern region and 'Depressão Sertaneja' formation

23 - 2.5 Ma	Amazonia	Cerrado	Atlantic Forest	Northern Caatinga	Southern Caatinga
Amazonia	1	0.8	0.6	0.6	0.6
Cerrado	0.8	1	0.8	0.8	0.8
Mata_Atlantica	0.6	0.8	1	0.8	0.8
Norte_Caatinga	0.6	0.8	0.8	1	1
Sul_Caatinga	0.6	0.8	0.8	1	1

Age of phylogenetic tree; rainforest predominance in the biogeographic units

181 - 23 Ma	Amazonia	Cerrado	Atlantic Forest	Northern Caatinga	Southern Caatinga
Amazonia	1	1	1	1	1
Cerrado	1	1	1	1	1
Mata_Atlantica	1	1	1	1	1
Norte_Caatinga	1	1	1	1	1
Sul_Caatinga	1	1	1	1	1

Connectivity numbers based in:

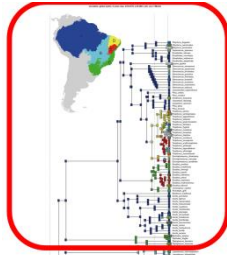
Two adjacent areas but different biomes = 0.8

Two areas separated by another = 0.6

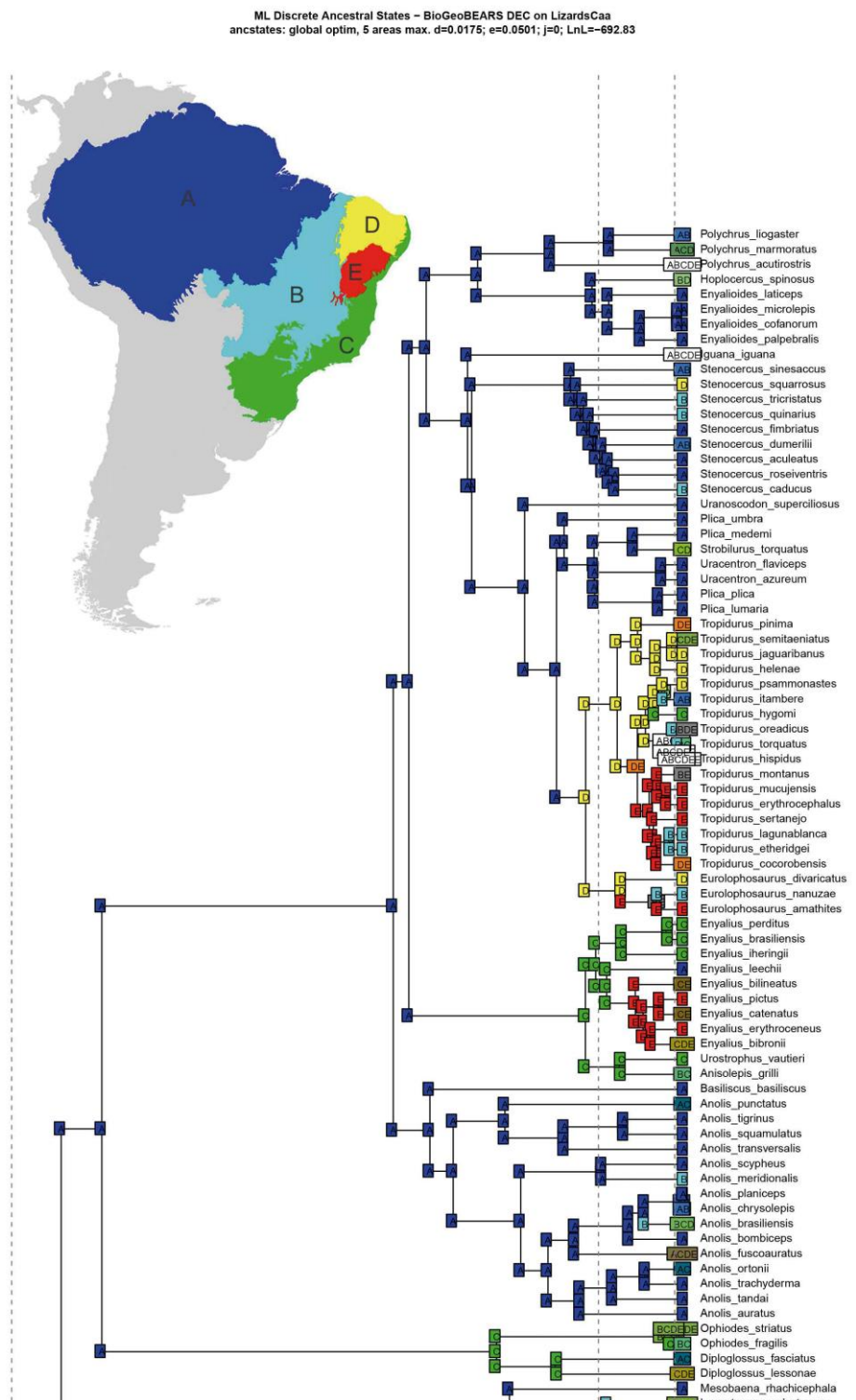
Two adjacent areas within the same biome = 1

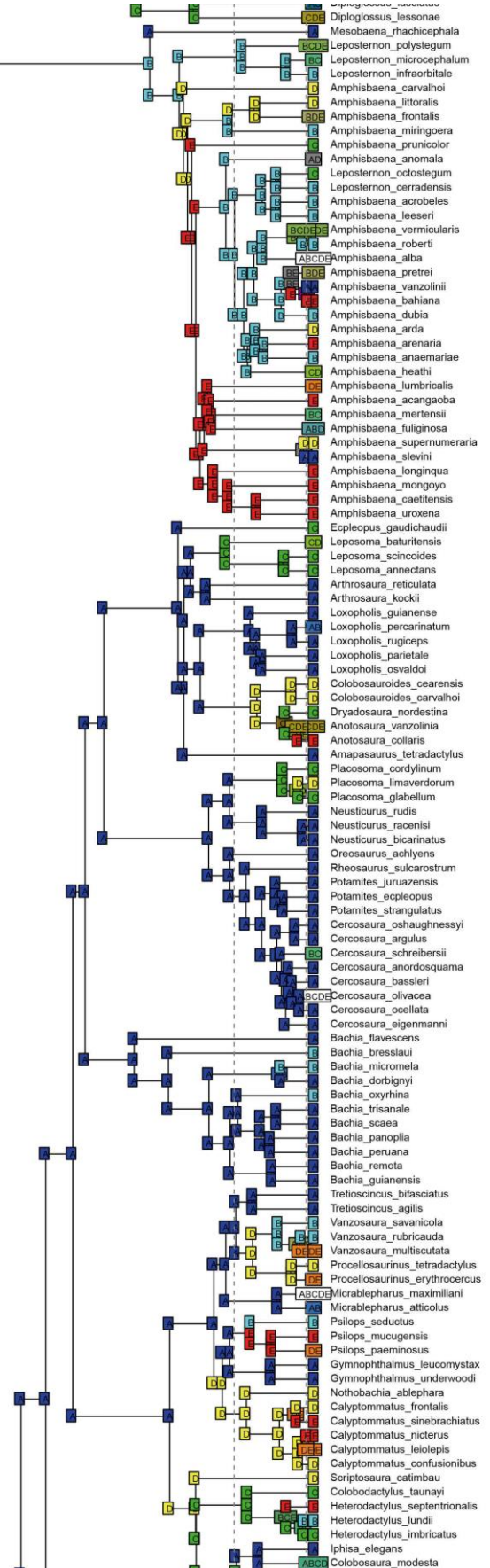
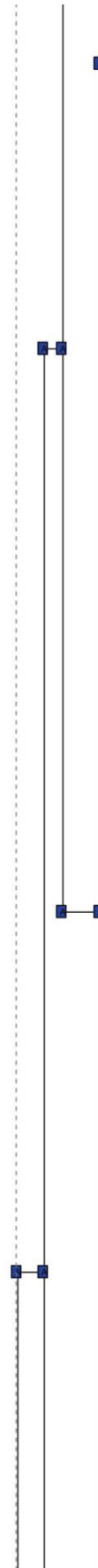
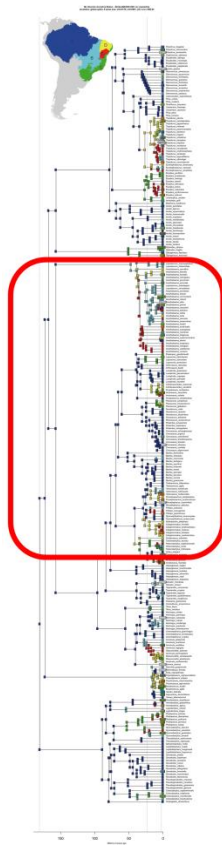
Two adjacent areas in the same biome separated by watercourse = 0.9, 0.5 ou 0.1 (riverine barrier hypothesis test)

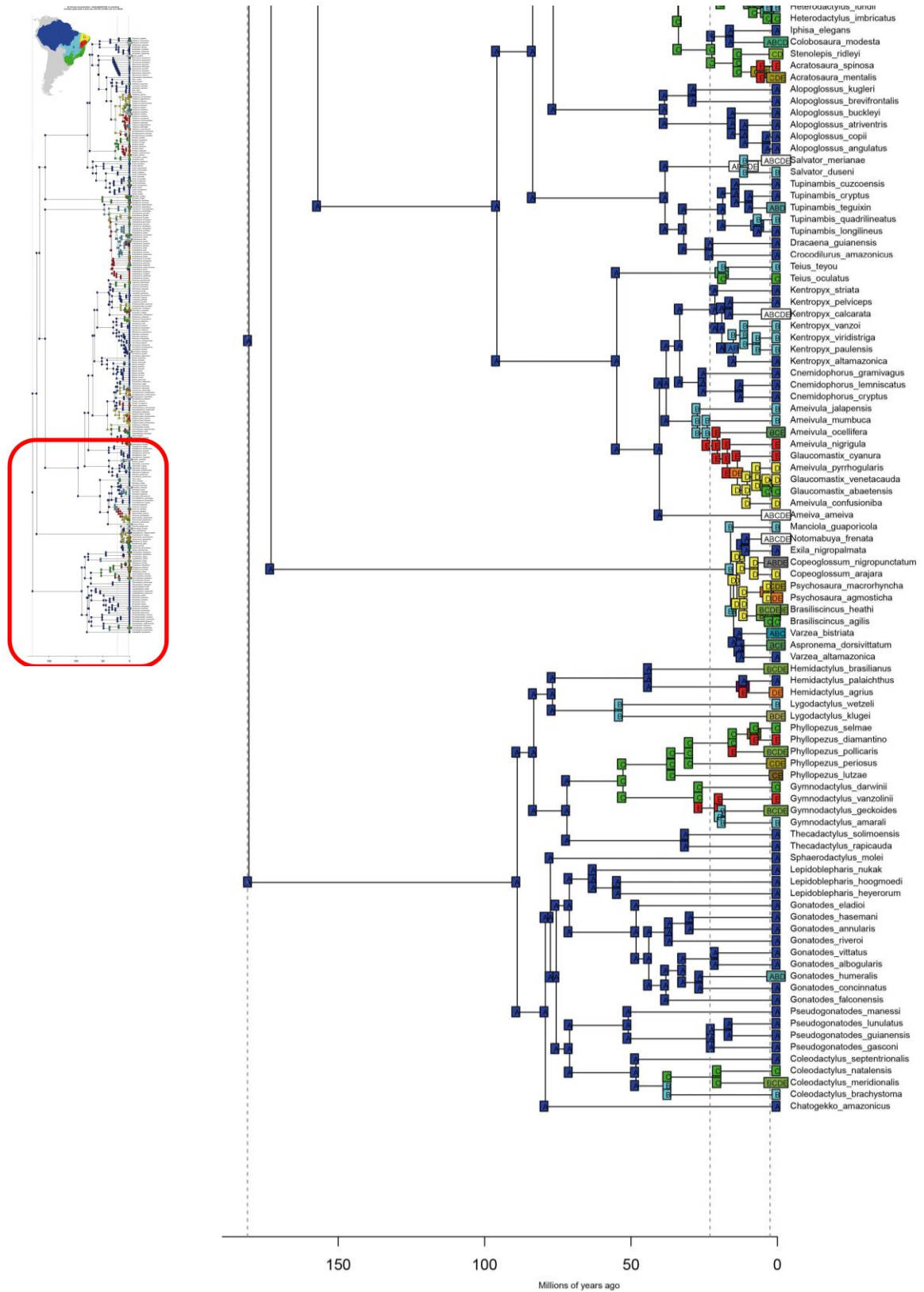
Appendix S4: DEC model with ancestral geographic ranges reconstructed by the model. Single capital letters indicate different biogeographic units used in this study, and mixed letters represent combinations of these units. Areas legends: A - Amazonia; B – Cerrado; C –



Atlantic Forest; D – Northern portion of Caatinga; E – Southern portion of Caatinga.







3. Capítulo 2: Padrões de diversidade filogenética e funcional em comunidades de lagartos na América do Sul

3.1. Resumo

Processos históricos, variáveis ambientais e interações entre espécies estão entre as forças que moldam os padrões de diversidade ao redor do mundo e entender a importância dessas variáveis na estruturação das comunidades biológicas é crucial na previsão do impacto das mudanças climáticas na biodiversidade. Nesse contexto, a Hipótese da Dominância do Estresse (HDE) propõe explicar a composição das comunidades com base nas respostas das espécies a um gradiente ambiental, onde nos locais com alto nível de estresse a filtragem ambiental seria mais importante na seleção das espécies que ali existem, enquanto em locais com baixo nível de estresse a competição e outras interações bióticas seriam mais importantes em definir a composição da comunidade. No presente estudo, usamos dados de 147 comunidades de lagartos distribuídas nos diferentes biomas da América do Sul para investigar como os índices de divergência filogenética e funcional variam entre os biomas e com as variáveis ambientais na estruturação dessas comunidades. No geral, encontramos que a estrutura filogenética das comunidades foi influenciada pela temperatura média anual, levando a comunidades mais agrupadas em biomas montanhosos e temperados de clima frio e comunidades mais dispersas em biomas tropicais e subtropicais de clima quente. Essa relação deve ser resultado tanto da história biogeográfica de formação desses biomas no continente sulamericano como também pode refletir o nicho ancestral e os processos de diversificação nesse grupo de animais. Ambas as estruturas filogenética e funcional das comunidades de lagartos na América do Sul seguem as previsões da HDE, onde temperaturas máximas elevadas resultam em locais com comunidades agrupadas tanto funcional quanto filogeneticamente. Somando-se a muitos outros estudos que preveem os impactos do aquecimento global na extinção das espécies e populações locais de lagartos ao redor do mundo, encontramos aqui indícios de como as mudanças climáticas poderão afetar também a estruturação de suas comunidades.

Palavras-chave: estruturação de comunidades; diversidade filogenética e funcional; filtragem ambiental; mudanças climáticas.

3.2. Introdução

Um dos desafios mais centrais e antigos na ecologia é entender os processos responsáveis pelos padrões atuais de biodiversidade no planeta (GASTON, 2000). Eventos biogeográficos, variáveis climáticas e interações entre espécies estão entre as forças que moldam as comunidades biológicas (PAVOINE; BONSALL, 2011), mas entender qual o papel de cada uma delas para os diversos grupos de organismos e nos diferentes ecossistemas globais ainda é um desafio a ser desvendado. Eventos geológicos de grande escala podem ter forte influência na distribuição atual dos organismos e na formação do *pool* regional de espécies disponível para composição das comunidades, mas seu efeito também é mediado pelas limitações ecológicas de dispersão, adequação ambiental e interações entre espécies que também são determinantes no sucesso da colonização de um local (WIENS; DONOGHUE, 2004).

Na busca por conhecer os processos que geram os padrões em biodiversidade, DIAMOND (1975) foi o primeiro a sugerir teorias de montagem das comunidades e propor regras de coexistência que tentam explicar como as comunidades locais são arranjadas a partir de um *pool* regional de espécies. Desde então, diversos trabalhos se sucederam com o objetivo de investigar a existência de processos que determinam a estrutura das comunidades biológicas (similaridade relativa das espécies em uma comunidade) ou sua formação pelo acaso, como simples resultado de eventos de dispersão, especiação e extinção (HUBBELL, 2001; KEDDY, 1992; PAVOINE; BONSALL, 2011; WEBB *et al.*, 2002). Nesse contexto, a Hipótese da Dominância do Estresse (HDE) prevê que a influência relativa de um filtro ambiental ao longo de um gradiente de aumento de estresse é mais importante na estruturação das comunidades em habitats com alto nível de estresse, enquanto a competição e outras interações interespecíficas são fatores mais determinantes em ambientes com menos estresse (COYLE *et al.*, 2014). Assim, em ambientes de alto estresse (como presença de fogo, baixa umidade, altas salinidade e temperatura) a filtragem ambiental gera padrões previsíveis nos traços funcionais das espécies para garantir as adaptações necessárias das mesmas para colonizar e persistir nessas condições (WEIHER; KEDDY, 1995). Já em ambientes com baixos níveis de estresse, as interações interespecíficas teriam maior poder na determinação da coexistência local, com a similaridade limitante restringindo a coocorrência de espécies com características similares (MACARTHUR; LEVINS, 1967; WEIHER; KEDDY, 1995). Testar a generalidade da HDE é importante para entender a variação de processos de

montagem de comunidades ao longo de gradientes ambientais (COYLE *et al.*, 2014) e esse conhecimento é crucial para prever, por exemplo, os impactos das mudanças climáticas nos diversos ecossistemas e táxons ao redor do mundo.

Embora os processos ecológicos ocorram de forma contínua através do espaço geográfico, diversos estudos apontam que diferentes padrões podem surgir dependendo da escala espacial de estudo (CANTALAPIEDRA *et al.*, 2014; CARDILLO, 2011; MCGILL, 2010). Dessa forma, a filtragem ambiental deve estruturar as comunidades principalmente em escalas espaciais maiores, selecionando as espécies com atributos funcionais similares nos diferentes tipos de habitat (p.e. florestas úmidas, desertos), enquanto a similaridade limitante deve ter maior influência em estruturar as comunidades em escalas menores, pois um gradiente de menor variação ambiental deve limitar a coocorrência de espécies muito similares (SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012; WEBB *et al.*, 2002). Por isso é importante trabalhar com diferentes escalas espaciais para conseguir chegar a conclusões mais robustas acerca dos processos geradores das estruturas das comunidades (MÜNKEMÜLLER *et al.*, 2020).

A busca em detectar os padrões e processos subjacentes às estruturas das comunidades biológicas tem impulsionado o desenvolvimento de inúmeras métricas de diversidade funcional e filogenética (MAMMOLA *et al.*, 2021; TUCKER *et al.*, 2017; WEBB *et al.*, 2002). Enquanto a diversidade filogenética incorpora as relações de parentesco entre as espécies e, portanto, sua história evolutiva, a diversidade funcional representa uma medida de diferença entre as espécies baseada em suas características morfológicas, fisiológicas e ecológicas que afetam a aptidão desses organismos (PETCHEY; GASTON, 2002; VIOLLE *et al.*, 2007). Medidas de diversidade funcional refletem melhor processos ecológicos locais, como filtragem ambiental e interações entre espécies, enquanto medidas de diversidade filogenética podem fornecer informações de processos de escala espaço-temporal mais amplos sobre a história biogeográfica e evolutiva dos táxons (PAVOINE; BONSALE, 2011), e por isso o uso conjunto dessas medidas pode captar informações diferentes sobre a coocorrência das espécies nas comunidades (LOPEZ *et al.*, 2016; TUCKER *et al.*, 2018). A partir das relações filogenéticas e funcionais entre as espécies, as comunidades locais podem apresentar três tipos de estrutura: agrupamento, quando as espécies em uma comunidade são mais similares que o esperado ao acaso, dado o *pool* de espécies regional disponível na colonização daquele local; dispersa, quando essas espécies são mais distintas que o esperado

ao acaso; e por fim, aleatória, quando a seleção de espécies não difere daquela esperada ao acaso dado o *pool* regional (SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012).

Os lagartos constituem um dos grupos mais diversos de tetrápodes, tanto em número de espécies quanto em características morfológicas, ecológicas e estratégias adaptativas (MEIRI, 2018; MESQUITA *et al.*, 2016; PIANKA *et al.*, 2017; VITT *et al.*, 2003), além de suas relações evolutivas serem relativamente bem conhecidas (TONINI *et al.*, 2016). Muitas das características ecológicas e de história de vida desse grupo são consequências de seu metabolismo ectotérmico (SHINE, 2005). Assim a temperatura é considerada o melhor preditor da distribuição geográfica e padrões de riqueza, com grandes implicações no modo como esses animais respondem às mudanças climáticas (BUCKLEY; JETZ, 2010; RAZ *et al.*, 2024). Dessa forma, constituem bons organismos em estudos ecológicos para investigar como fatores ambientais influenciam a estruturação de comunidades biológicas. Mesmo tratando-se de um grupo parafilético, usamos o termo ‘lagartos’ englobando as anfisbenas, mas não as serpentes, pelo fato destas terem seguido uma trajetória evolutiva distinta, o que não diminuiu a coesão do grupo parental como um todo (MEIRI, 2018).

A América do Sul é localizada na região Neotropical, considerada a mais biodiversa do mundo, com diversos processos históricos que moldaram suas paisagens deixando profundas influências na diversificação dos organismos e estruturação de suas comunidades (RULL; CARNAVAL, 2020). Essa região também possui grande riqueza em espécies de lagartos, além de concentrar os maiores índices de diversas estratégias funcionais nesse grupo (VIDAN *et al.*, 2019). Devido à variedade de ecorregiões, biomas, relevos e pela longa extensão latitudinal e de área, a América do Sul representa um bom local para estudos de efeito de gradientes ambientais na estruturação de comunidades de lagartos. No presente estudo, utilizamos métricas de diversidade filogenética e funcional, em escala continental e regional, a fim de investigar os processos ecológicos e evolutivos ligados à estruturação de comunidades de lagartos na América do Sul. Perguntamos especificamente: i) como a estrutura filogenética e funcional das comunidades locais varia entre os biomas?, ii) os padrões de estruturação mudam quando usado um *pool* de espécies regional (dentro do mesmo bioma) ou continental nas análises? e iii) e quais variáveis ambientais influenciam a tendência de agrupamento ou dispersão filogenética na estruturação das comunidades de lagartos sulamericanos?

3.3. Material e métodos

3.3.1. Área de estudo

Escolhemos como área de estudo a região continental da América do Sul, ocupando uma extensão de cerca de 18.000.000 km² e delimitado pelas coordenadas 12,5°N e 34,5°O até 56°S e 81,5°O. A América do Sul compreende a maior porção da Região Neotropical, que contém uma variedade de fitofisionomias diferentes, desde desertos, savanas, florestas tropicais úmidas e regiões temperadas, compreendendo 53 províncias biogeográficas (MORRONE *et al.*, 2014; OLSON *et al.*, 2001; RIVAS-MARTINEZ *et al.*, 2011). Aqui, usamos delimitações de ecorregiões e biomas propostas por DINERSTEIN *et al.* (2017), uma versão atualizada da inicialmente elaborada por OLSON *et al.* (2001) (Figura 1).

3.3.2. Dados das comunidades e filogenia

Os dados de composição das comunidades de lagartos foram obtidos a partir de artigos publicados de inventários (com acréscimo de algumas listas de espécies a partir de dados próprios não publicados) para as regiões continentais da América do Sul. Seguimos alguns critérios na seleção dos artigos que entraram no banco de dados para evitar viés de amostragens decorrentes de inventários pouco representativos. Para cada inventário selecionado coletamos os dados de esforço amostral referentes a: i) número de períodos/campanhas de amostragem; ii) número de pontos amostrais: pontos amostrais distantes mais de 20km um do outro dentro do mesmo inventário foram considerados como comunidades/localidades separadas; inventários de amplas áreas geográficas (p.e. listas de espécies por estados/departamentos ou para parques nacionais inteiros) não foram consideradas; iii) número de métodos diferentes usados durante a amostragem (encontros ocasionais não entraram como método válido visto que não existe padronização para o mesmo); iv) quantidade de horas (glue trap, funil, *pitfall* e busca ativa) ou metros quadrados (quadrantes) de cada método utilizado na amostragem durante o inventário. Inicialmente utilizamos 200 localidades para toda área de estudo, porém fizemos uma análise comparativa para eliminar aquelas amostras que julgamos serem pouco representativas, seja em riqueza amostrada (comparativamente a outros inventários na mesma ecorregião) ou baixo esforço amostral desempenhado (p.e. aqueles inventários que usaram apenas um método de amostragem e/ou com poucas horas de esforço total). As coordenadas geográficas foram

retiradas dos próprios artigos (quando disponibilizadas) ou estimadas a partir do centro geográfico da localidade utilizando o Google Earth. Os nomes das espécies em todas as localidades foram checados e, quando necessário, foram atualizados seguindo as referências mais recentes disponibilizadas no Reptile-Database (UETZ, 2023). Espécies com identificação incerta não entraram na amostragem. A relação das localidades selecionadas e suas referências pode ser acessado no Apêndice 1.

A filogenia utilizada nesse estudo foi proposta por TONINI *et al.* (2016), que compila dados para 9574 espécies do grupo Squamata para todo o mundo. As espécies do nosso banco de dados que não estavam presentes na filogenia de TONINI *et al.* (2016) (n=9) foram inseridas na árvore usando a função “tree.merger” do pacote do R ‘RRPhylo’ (CASTIGLIONE *et al.*, 2021). Usamos também diferentes funções dos pacotes ‘ape’, ‘Geiger’ e ‘phylotools’ no R para manipular, resolver politomias e cortar nossa filogenia para conter apenas as espécies presentes no banco de dados das comunidades.

3.3.3. Variáveis ambientais

As variáveis ambientais selecionadas como preditoras dos padrões de diversidade são aquelas que interagem fortemente com as atividades que são mais cruciais para o desempenho e manutenção das espécies em longo prazo (MCGILL *et al.*, 2006). Dessa forma, baixamos todas as 19 variáveis bioclimáticas do WorldClim (<http://www.worldclim.org/>) (FICK; HIJMANS, 2017) relacionadas à precipitação e temperatura nos locais selecionados, em resolução espacial de 2,5 min (~21 km²), utilizando os pacotes “sp” e “raster” no R. Após testar a correlação entre as variáveis para descartar aquelas com alta correlação (>0,8), selecionamos as seguintes: bio1 (temperatura média anual), bio5 (temperatura máxima no mês mais quente), bio7 (amplitude anual de temperatura), bio12 (precipitação média anual) e bio14 (precipitação no mês mais seco). Também extraímos os valores de altitude para cada localidade, resultando assim em sete variáveis ambientais para correlacionar com os parâmetros de estrutura das comunidades. Escolhemos essas variáveis por elas terem influência direta nas características ecológicas e evolutivas dos lagartos, como por exemplo, a temperatura e precipitação média anual que são correlacionadas com as taxas metabólicas, padrões de atividade e diversos parâmetros reprodutivos e a sazonalidade de temperatura e precipitação que são correlacionadas com os tamanhos de ninhada nesses animais (MEIRI, 2018; MESQUITA *et al.*, 2016). Para aumentar a normalidade dos dados nas análises,

utilizamos transformação $\log(x)$ nas variáveis bio1, bio5, bio7 e altitude e $\log(x+1)$ na variável bio14.

3.3.4. *Dados funcionais*

Os traços funcionais são características morfológicas ou fisiológicas indicativas de estratégias ecológicas das espécies (SWENSON, 2011) e que influenciam fortemente o desempenho do organismo (MCGILL *et al.*, 2006). Conhecimentos específicos sobre como os organismos de estudo interagem com o seu ambiente, uns com os outros, e como suas características variam ao longo dos gradientes ambientais são essenciais na escolha de quais caracteres funcionais serão importantes para os objetivos da pesquisa (PETCHEY; GASTON, 2006). A escolha de traços funcionais acerca do uso de recursos deve diferir substancialmente entre as espécies em um nível local para aumentar o poder preditivo e explanatório da diversidade funcional (PETCHEY; GASTON, 2002). Dessa forma, escolhemos os seguintes traços para compor nosso banco de dados funcionais: massa corporal máxima (utilizando as equações segundo Feldman *et al.*, 2016); uso do habitat (fossorial, saxícola, arborícola, terrestre, semiaquático ou uma combinação de no máximo duas categorias dessas); período de atividade (noturno, diurno ou catemeral); modo reprodutivo (ovíparo ou vivíparo); tamanho médio da ninhada; tipo de perna (quatro pernas, membros anteriores ou posteriores reduzidos, sem patas) e dieta (carnívoro, herbívoro ou onívoro). Esses traços funcionais foram escolhidos por se configurarem bons indicadores do estilo de vida desses animais (PIANKA *et al.*, 2017) e serem informações de fácil acesso. Utilizamos as bases de dados de ZIMIN *et al.* (2022) para acessar os modos reprodutivos; MESQUITA *et al.* (2015) e MEIRI (2018) para os traços em geral, além de diversos artigos (que podem ser acessados no Apêndice 2) e informações de experiência pessoal dos autores.

O tamanho das espécies é uma característica fundamental como estratégia funcional com o ambiente e na competição com outras espécies (FELDMAN *et al.*, 2016). O tamanho pode até mesmo influenciar o risco de extinção que as espécies estão submetidas (CARMONA *et al.*, 2021), onde espécies menores tem maiores riscos de extinção provavelmente devido à baixa taxa de dispersão das mesmas, o que as mantém restritas a determinadas áreas, tornando-as vulneráveis (RIPPLE *et al.*, 2017). Os lepidosauros são vertebrados terrestres relativamente pequenos (bem menores em média que mamíferos e aves), com os lagartos sendo ainda seis ou sete vezes menores que as serpentes (FELDMAN

et al., 2016). A viviparidade teve uma origem bem ancestral no grupo dos répteis escamados, surgindo diversas vezes de forma independente e associada a linhagens com altas taxas de especiação e extinção (PYRON; BURBRINK, 2014), principalmente como resposta a climas frios (MESQUITA *et al.*, 2016; ZIMIN *et al.*, 2022). Dessa forma, o modo reprodutivo é considerado um traço funcional que muda constantemente em resposta a condições ambientais (PYRON; BURBRINK, 2014).

Os lagartos podem habitar uma grande variedade de habitats e microhabitats, podendo ser classificados como arborícolas, terrícolas, fossoriais, saxícolas, semiaquáticos ou uma combinação destes (p.e. terrestre e arborícola) (MEIRI, 2018). A perda ou redução dos membros evoluiu diversas vezes nos lagartos, com diferentes mecanismos representando os diversos cenários evolutivos para a falta ou redução de membros em répteis (ROSCITO *et al.*, 2022). Quanto à dieta, os lagartos são considerados carnívoros (quando >90% da dieta é composta por presas), herbívoros (com >50% da dieta composta por material vegetal) ou onívoros (essencialmente carnívoros, porém com ingestão de 10 a 50% de material vegetal) (MEIRI, 2018). Podem estar ativos durante o dia, durante a noite ou ter período de atividade variado (catemeral), e a evolução da diferenciação das características de uso dos recursos provavelmente se deu para evitar a competição, resultando em ecomorfotipos característicos nos diferentes grupos (PIANKA *et al.*, 2017). A maioria das espécies de lagartos são diurnos (70%), carnívoros (80%) e terrestres (31%), existindo associações entre os diferentes traços funcionais, como herbivoria/onivoria associados a espécies diurnas; hábito noturno associado a espécies saxícolas e/ou arbóreas; e espécies semiaquáticas serem quase sempre diurnas (MEIRI, 2018).

3.3.5. Estruturação das comunidades

Dois índices propostos por WEBB (2000) para medir o tipo de estruturação filogenética dentro das comunidades, o NRI (*Net Relatedness Index*, ou índice de parentesco líquido) e o NTI (*Nearest Taxa Index*, ou índice do táxon mais próximo), são consideradas métricas de divergência por calcular a média de distância de parentesco entre as espécies numa comunidade (TUCKER *et al.*, 2017). O NRI é calculado como o inverso de MPD (*Mean Pairwise Distance*), uma métrica que utiliza a matriz de distâncias filogenéticas para quantificar a distância de parentesco média entre as espécies em uma comunidade, pesando mais a estrutura interna da filogenia (WEBB *et al.*, 2002). Já o NTI é calculado como o

inverso de MNTD (*Mean Nearest Taxon Distance*), uma métrica que utiliza uma matriz de distancia filogenética para quantificar o valor médio para o vizinho mais próximo, pesando mais as relações nos ramos terminais da filogenia (WEBB *et al.*, 2002). Aqui utilizamos o pacote ‘Picante’ no R para calcular os índices de NRI e NTI filogenético (utilizando uma matriz de distâncias filogenéticas) e funcional (utilizando uma matriz de distâncias funcionais, gerada utilizando a função “gowdis” no pacote ‘FD’ no R).

Valores positivos de NRI indicam que as espécies em uma determinada comunidade são mais próximas filogeneticamente (ou funcionalmente), enquanto valores negativos de NRI indicam o oposto, ou seja, as espécies são mais distantes ou dispersas filogeneticamente (ou funcionalmente). O NTI busca apontar o relacionamento entre as espécies aparentadas e, da mesma forma que o NRI, pode ter valores positivos e negativos, apontando maior agrupamento ou dispersão que o esperado ao acaso, porém detectando aglomerados nos clados terminais. Variações nas respostas dadas pelo NRI e NTI dependem do quão profundamente conservados na filogenia estão seus traços funcionais, com um máximo de conservação dos traços levando a respostas similares com NRI e NTI, enquanto respostas diferentes podem ser obtidas, por exemplo, quando as características são conservadas apenas nos ramos terminais (WEBB *et al.*, 2002). Calculamos NRI e NTI filogenético e funcional (quanto à estrutura funcional chamaremos a partir daqui de t-NRI e t-NTI) para cada comunidade e comparamos com o esperado ao acaso por modelos nulos (5000 aleatorizações) usando: i) o *pool* de espécies regional (dentro do mesmo bioma); ii) o *pool* de espécies continental (dentro da América do Sul). Essas análises foram realizadas em diferentes escalas espaciais para identificar diferenças nos processos de estruturação das comunidades dependentes de escala. Na primeira abordagem (usando o *pool* de espécies regional para gerar os modelos nulos) excluímos os biomas “Florestas e bosques mediterrânicos”, “Florestas mistas temperadas” e “Campos e savanas temperadas” por conter apenas uma ou duas amostras cada. Excluímos também dessa abordagem o bioma “Campos e bosques montanhosos”, pois continha apenas três amostras com proximidade geográfica, dentro do mesmo parque nacional. A significância os valores de NRI e NTI é calculada comparando a distância filogenética (ou funcional) observada dentro de uma comunidade com aquelas geradas pelos modelos nulos, sendo aquelas com $p < 0.05$ consideradas significativamente agrupadas, e aquelas com $p > 0.95$ consideradas significativamente dispersas.

3.3.6. Análises estatísticas

Para testar a influência das variáveis ambientais sobre a estruturação filogenética, funcional e riqueza das comunidades utilizamos modelos GLS (Generalized Least Squares). Escolhemos essa análise de regressão depois de testarmos a autocorrelação espacial dos índices de diversidade (NRI, NTI, t-NRI, t-NTI e riqueza) através do Índice de Moran utilizando a função “Moran.I” no pacote ‘ape’ no R. Como todos os índices das comunidades mostraram-se espacialmente correlacionados ($p < 0.001$), incorporamos a cada modelo GLS uma estrutura de autocorrelação espacial utilizando latitude e longitude no argumento “corStruct” da função “gls” utilizando o pacote ‘nlme’ no R. Para cada variável resposta (índices de diversidade) testamos essa estrutura de autocorrelação espacial com as diferentes funções de covariância (esférica, exponencial, gaussiana, linear e razão quadrática) e criamos também um modelo sem nenhuma estrutura de correlação (para mais uma vez testar se a autocorrelação espacial era importante no modelo). Utilizando o Critério de Informação de Akaike (AIC) selecionamos o modelo com melhor função de covariância. A partir disso, com a função de covariância escolhida e com um modelo contendo todas as sete variáveis ambientais escolhidas, usamos a função “dredge” do pacote ‘MuMIn’ para selecionar os melhores modelos (com base no AIC) e saber quais variáveis eram realmente importantes para explicar as variações dos padrões de estruturação das comunidades. A normalidade dos resíduos de cada modelo foi verificada visualmente utilizando as funções “qqnorm” e “qqline” do pacote ‘stats’. Os pacotes ‘visreg’ e ‘ggplot2’ foram usados para obter visualizações gráficas dos resultados. Todas as análises foram realizadas utilizando a plataforma R versão 4.3.1 (R CORE TEAM, 2024). Utilizamos os livros SWENSON (2014) e RODRIGUES *et al.* (2022) como referências em diversas análises.

3.4. Resultados

No presente estudo usamos dados de 147 comunidades de lagartos na América do Sul, incluindo ocorrências para 318 espécies (Figura 1). A proporção de espécies dentre as famílias de lagartos variou bastante entre os biomas (Figura 2). Liolaemidae (em maior proporção) e Phyllodactylidae (em menor proporção) foram as famílias dominantes nos biomas montanhosos, mediterrânicos e temperados. Campos, savanas e florestas tropicais e subtropicais secas foram biomas dominados por Amphisbaenidae, Gymnophthalmidae,

Teiidae e Tropiduridae (em proporções semelhantes). Já as florestas tropicais e subtropicais úmidas foram dominadas essencialmente por Gymnophthalmidae (em maior proporção), Anolidae, Sphaerodactylidae, Teiidae e Tropiduridae (em menores proporções). Biomas desérticos e xéricos são dominados por Gymnophthalmidae, Phyllodactylidae, Teiidae e Tropiduridae (em proporções semelhantes). Manguezais tiveram como maiores representantes as famílias Anolidae (em maior proporção), Sphaerodactylidae e Teiidae.

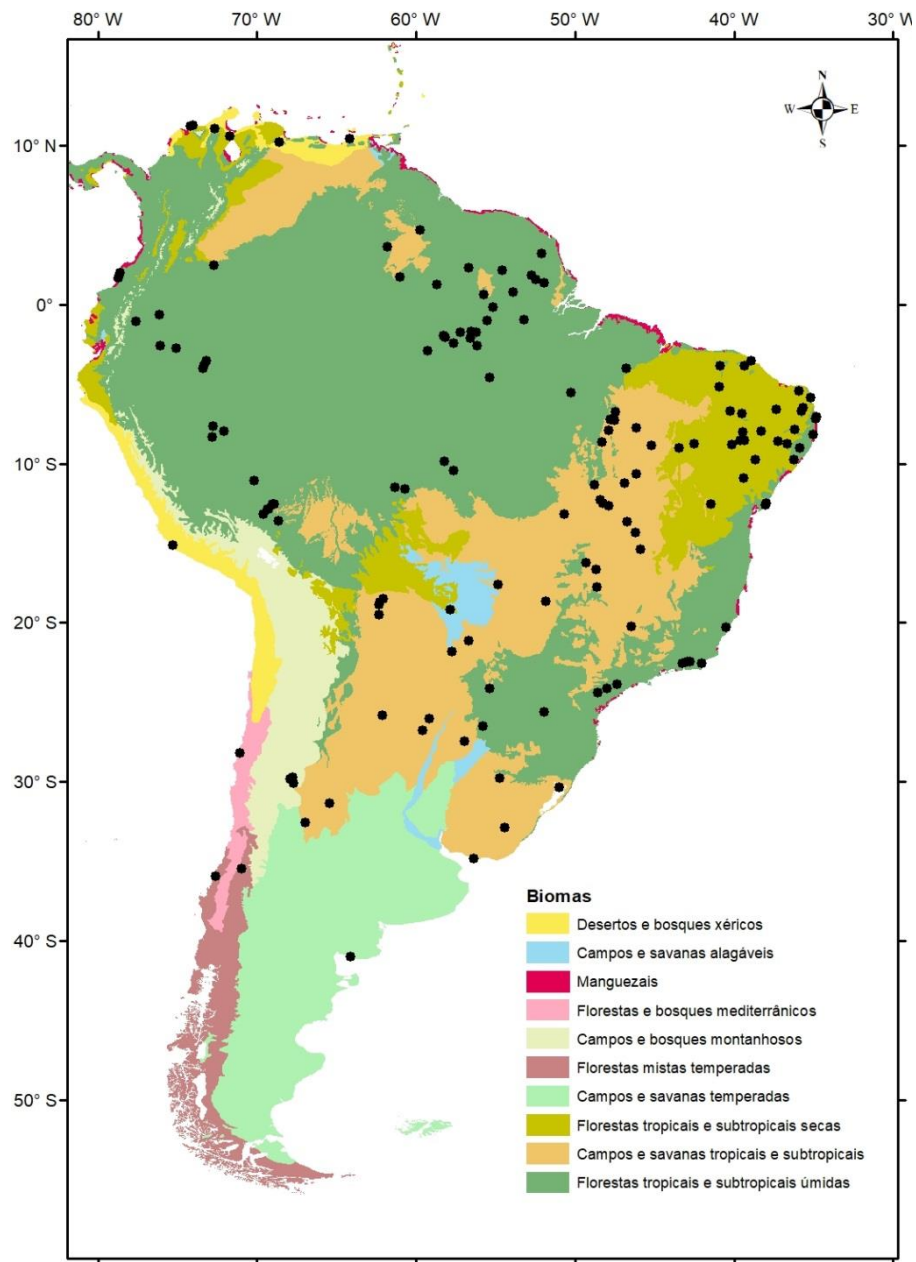


Figura 1: Mapa da área de estudo com a distribuição das localidades amostradas (n=147) e seus biomas (sensu Dinerstein et al., 2017).

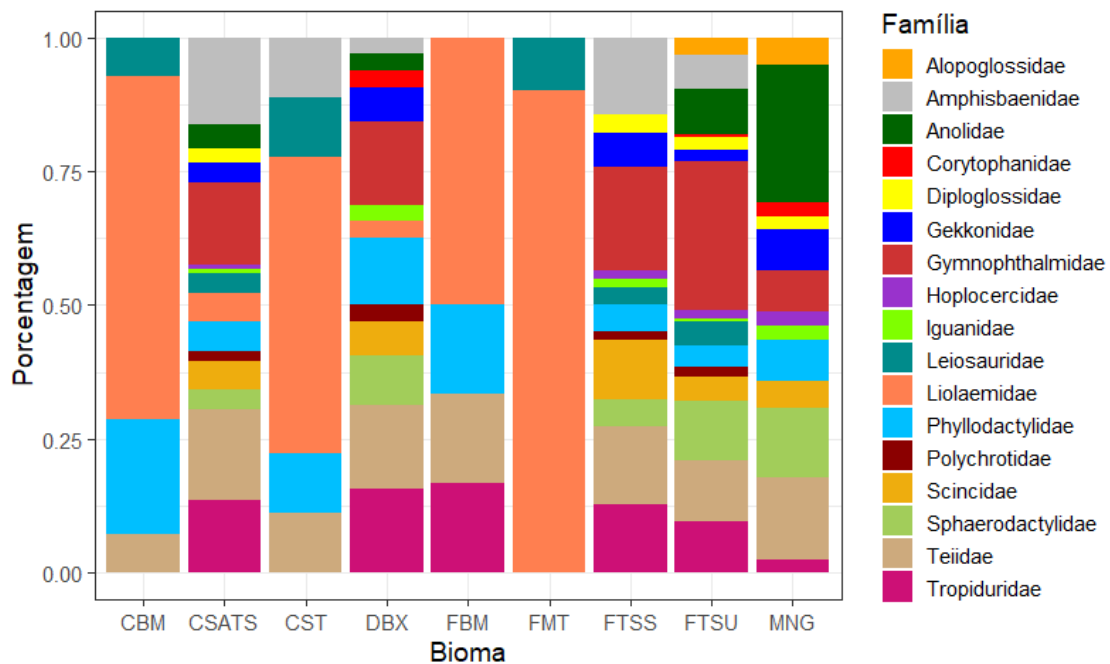


Figura 2: Representatividade em número de espécies de lagartos por família nos diferentes biomas da América do Sul. Biomas (n=número de amostras; spp=número de espécies): CBM: Campos e Bosques Montanhosos (n=3; spp=14); CSATS: Campos, Savanas e Arbustarias Tropicais e Subtropicais (n=38; spp=111); CST: Campos e Savanas Temperadas (n=1; spp=9); DBX: Desertos e Bosques Xéricos (n=5; spp=32); FBM: Florestas e Bosques Mediterrânicos (n=1; spp=6); FMT: Florestas Mistas Temperadas (n=2; spp=10); FTSS: Florestas Tropicais e Subtropicais Secas (n=23; spp=62); FTSU: Florestas Tropicais e Subtropicais Úmidas (n=70; spp=177); MNG: Manguezais (n=4; spp=39).

NRI e NTI foram positivamente correlacionados, assim como t-NRI e t-NTI (Figura 3). O mesmo aconteceu para quase todas as análises quando esses índices foram calculados usando o *pool* regional de espécies na geração dos modelos nulos (Apêndice 1). Quanto à estruturação filogenética das comunidades, quando considerado o *pool* continental de espécies na geração dos modelos nulos, apenas oito (5.4%) foram consideradas significativamente agrupadas quanto ao NRI e 15 (10.2%) quanto ao NTI. As comunidades com agrupamento filogenético são proporcionalmente mais encontradas em biomas temperados, montanhosos e desérticos (Figura 4). Por outro lado, 16 (10.9%) comunidades foram consideradas significativamente dispersas filogeneticamente quanto ao NRI e nove (6.1%) quanto ao NTI. A maioria dessas comunidades com dispersão filogenética é encontrada em savanas e florestas tropicais e subtropicais (Figura 4). No entanto, a maior parte das comunidades (83.7%) foi considerada com estrutura aleatória quanto ao NRI e NTI. Proporções semelhantes de estrutura agrupada, dispersa e aleatória foram encontradas quando usamos o *pool* regional de espécies na geração dos modelos nulos, com a grande maioria das

comunidades consideradas aleatórias quanto ao NRI (90%) e NTI (85%). No entanto, algumas diferenças podem ser notadas em alguns biomas quando mudamos a escala de estudo, como nas florestas tropicais e subtropicais secas, que apresentou algumas comunidades filogeneticamente agrupadas quanto ao NTI em escala continental, enquanto em escala regional o que encontramos foram algumas comunidades com dispersão filogenética e nenhuma agregada (Figura 4).

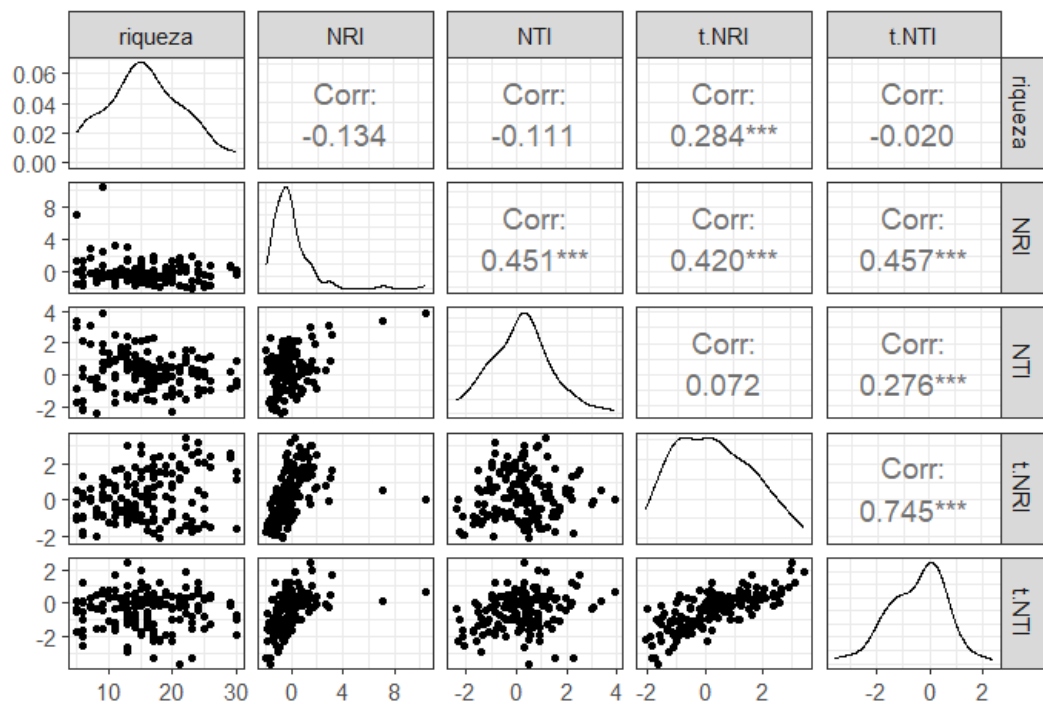


Figura 3: Correlações entre as diferentes métricas de riqueza e divergências filogenética e funcional analisadas nesse estudo. Os índices de correlação com asteriscos (***) representam significância estatística ($p < 0.001$). NRI e NTI são métricas para divergência filogenética e t-NRI e t-NTI são métricas para divergência funcional (maiores detalhes sobre os índices no texto).

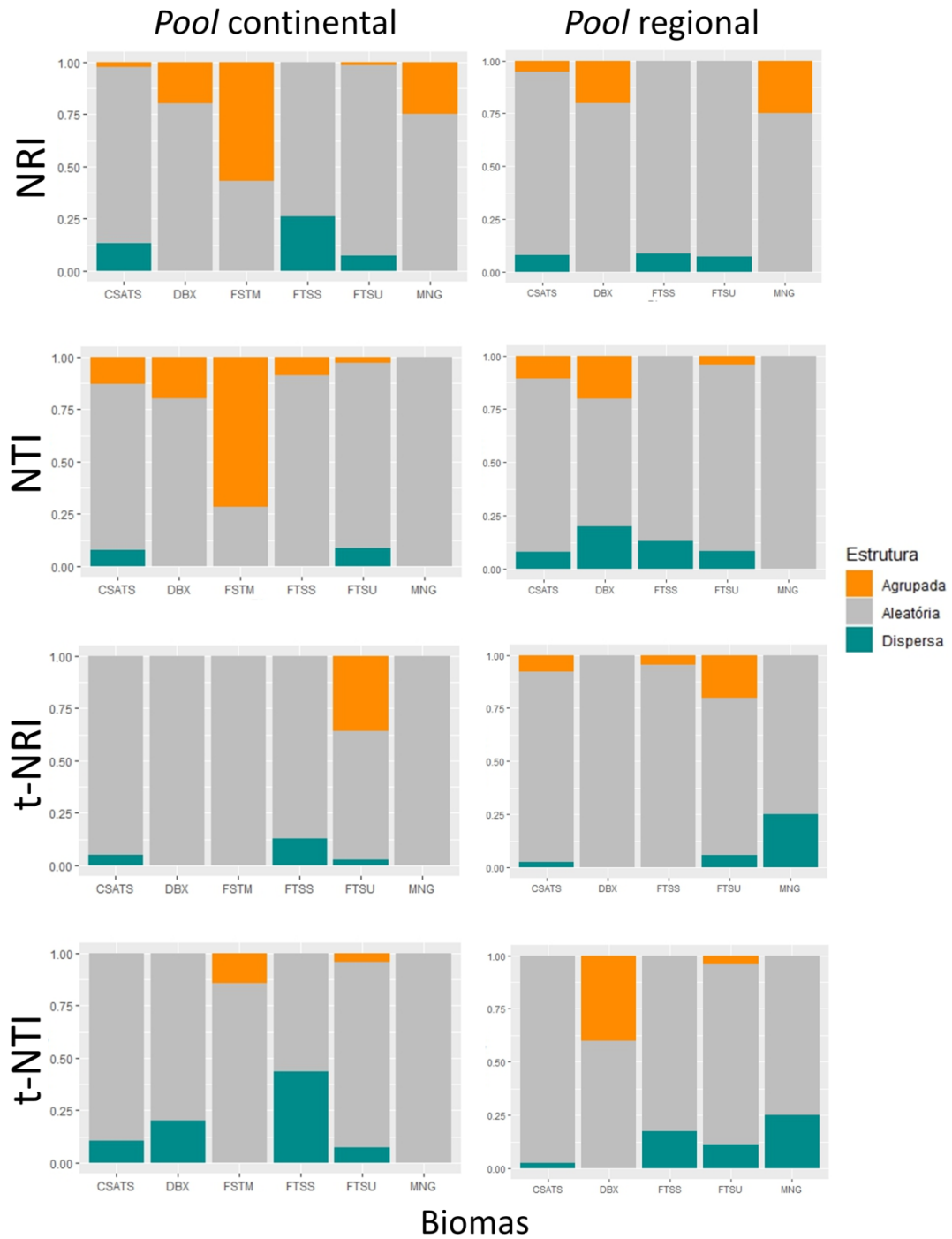


Figura 4: Porcentagem das comunidades em cada bioma quanto a sua estrutura filogenética (NRI e NTI) e funcional (t-NRI e t-NTI). Análises feitas usando o *pool* continental e regional (dentro do mesmo bioma) de espécies na aleatorização dos modelos nulos. Na segunda abordagem (usando o *pool* regional) os biomas de florestas e savanas temperadas, montanhosas e mediterrâneas foram excluídos por conterem entre 1 a 3 amostras cada. Biomas: CSATS – Campos, Savanas e Arbustárias Tropicais e Subtropicais (n=38); DBX – Desertos e bosques xéricos (n=5); FSTM – Florestas e Savanas Temperadas/Montanhasas/Mediterrâneas (Florestas Mistas Temperadas n=2; Florestas e Bosques Mediterrânicos n=1; Campos e Bosques Montanhosos n=3; Campos e Savanas Temperadas n=1); FTSS – Florestas Tropicais e Subtropicais Secas (n=23); FTSU – Florestas Tropicais e Subtropicais Úmidas (n=70); MNG – Manguezais (n=4).

Quanto à estruturação funcional das comunidades, quando usado o *pool* continental de espécies na geração dos modelos nulos, encontramos 25 (17%) comunidades significativamente agrupadas quanto ao t-NRI e apenas quatro (2.7%) quanto ao t-NTI. A maior parte destas comunidades pertence a biomas de florestas tropicais e subtropicais úmidas (t-NRI) ou biomas de florestas temperadas e montanhosas (t-NTI) (Figura 4). Também encontramos sete (4.7%) comunidades significativamente dispersas funcionalmente quanto ao t-NRI e 20 (13.6%) quanto ao t-NTI. A maior parte dessas comunidades dispersas funcionalmente foi encontrada em biomas de florestas tropicais e subtropicais secas, savanas e desertos (Figura 4). Igualmente a estrutura filogenética, a maior parte das comunidades não apresentou nenhum padrão de estruturação funcional (78.2% quanto ao t-NRI e 83.7% quanto ao t-NTI) e essa proporção foi semelhante quando usado o *pool* regional de espécies na geração dos modelos nulos, (82.8% quanto ao t-NRI e 86.4% quanto ao t-NTI). Apesar disso, algumas diferenças foram encontradas dependendo da escala de estudo aqui também. Por exemplo, em biomas desérticos e xéricos algumas comunidades apresentaram estrutura funcionalmente dispersa (t-NTI) em escala continental e estrutura funcionalmente agrupada em escala regional. Outro exemplo ocorre com os manguezais, onde em escala continental nenhuma comunidade mostrou padrão de estruturação, porém em escala regional tivemos uma comunidade com estruturação dispersa, indicando que alguns padrões podem mudar dependendo da escala geográfica de estudo (Figura 4). Contudo, nesses dois casos o número de amostras por bioma foi muito pequeno (quatro manguezais e cinco desertos), o que nos limita de fazer conclusões mais robustas sobre mudanças significativas na estrutura funcional dependendo da escala, pois existe uma perda de poder estatístico em métricas de estruturação para comunidades com tamanho similar ao *pool* de espécies usado para comparação, aumentando a chance de erro do tipo II (KRAFT et al., 2007).

Quanto à influência das variáveis ambientais na estruturação das comunidades de lagartos sulamericanos, encontramos a temperatura média anual (bio1) como uma das variáveis determinantes da estrutura filogenética, com correlação negativa para ambos NRI e NTI (Tabela 1, Figuras 5.a e 6.a), indicando comunidades mais dispersas filogeneticamente em locais com médias anuais de temperatura mais altas. Porém, de maneira inversa, a temperatura máxima no mês mais quente (bio5) apresentou uma correlação positiva com ambos NRI e NTI (Tabela 1, Figuras 5.b e 6.b), indicando que temperaturas máximas muito altas levam a agrupamento filogenético nessas comunidades. O NRI ainda mostrou correlação negativa com a amplitude anual de temperatura (bio7), indicando que locais com grande

variação temporal na temperatura abrigam comunidades mais dispersas filogeneticamente (Tabela 1, Figura 5.c).

Quanto à influência das variáveis ambientais na estrutura funcional das comunidades, apenas a temperatura no mês mais quente (bio5) se mostrou uma variável de influência, com uma correlação positiva com o t-NTI (Tabela 1, Figura 7). Isso indica que temperaturas máximas muito elevadas pode ser o principal fator limitante associado a comunidades mais agrupadas ou mais dispersas em termos de estratégias funcionais. Já a riqueza de espécies (usada aqui apenas comparativamente como métrica taxonômica e para embasar alguns pontos na discussão) não foi correlacionada a nenhuma das métricas de divergência filogenética, tendo correlação positiva significativa apenas com o t-NRI (Figura 3). Altitude e precipitação no mês mais seco (bio14) foram as variáveis correlacionadas positivamente com a riqueza (Tabela 1, Figura 8), indicando maior número de espécies em ambientes com maior altitude e menos áridos.

Tabela 1: Resultados das análises GLS (adicionada de estrutura de autocorrelação espacial) com a relação entre as métricas de diversidade das comunidades e as variáveis ambientais de importância para os melhores modelos selecionados com base no AIC. Valores de $p < 0.05$ foram considerados estatisticamente significativos. gl: graus de liberdade (totais/parciais).

NRI	NRI ~ log(bio1) + log(bio5) + log(bio7)					
	Estimado	Desvio padrão	Valor de t	Pr(> t)	AIC	gl
(Intercept)	7.415312	9.930804	0.746698	0.4565	420.46	147/143
log(bio1)	-13.513763	2.575976	-5.246074	<0.0001	Estrutura de Correlação	
log(bio5)	14.468038	4.046216	3.575696	0.0005	range	nugget
log(bio7)	-3.358716	1.099343	-3.055204	0.0027	68.7863	0.1009
NTI	NTI ~ log(bio1) + log(bio5) + log(bio7)					
	Estimado	Desvio padrão	Valor de t	Pr(> t)	AIC	gl
(Intercept)	-15.441350	9.749437	-1.5838196	0.1154	441.65	147/143
log(bio1)	-7.273015	2.698261	-2.6954450	0.0079	Estrutura de Correlação	
log(bio5)	10.492404	4.208461	2.4931689	0.0138	range	nugget
log(bio7)	-1.075832	1.107037	-0.9718121	0.3328	19.7984	0.2588
t-NRI	t-NRI ~ log(bio1) + log(bio5) + log(bio7)					
	Estimado	Desvio padrão	Valor de t	Pr(> t)	AIC	gl
(Intercept)	-5.190413	8.464861	-0.6131716	0.5407	365.31	147/143
log(bio1)	2.212001	2.162549	1.0228671	0.3081	Estrutura de Correlação	

log(bio5)	-1.495349	3.469244	-0.4310302	0.6671	range	nugget
log(bio7)	0.436749	0.941338	0.4639665	0.6434	25.1048	0.2507
t-NTI	t-NTI ~ log(bio1) + log(bio5) + log(bio7)					
	Estimado	Desvio padrão	Valor de t	Pr(> t)	AIC	gl
(Intercept)	-18.877689	7.395198	-2.552696	0.0117	391.06	147/143
log(bio1)	-3.095841	1.948053	-1.589198	0.1142	Estrutura de Correlação	
log(bio5)	7.121879	3.152985	2.258774	0.0254	range	nugget
log(bio7)	-1.116175	0.828828	-1.346691	0.1802	21.2646	0.5502
Riqueza	riqueza ~ log(bio1) + log(bio5) + log(bio7) + log(bio14 + 1) + log(altitude)					
	Estimado	Desvio padrão	Valor de t	Pr(> t)	AIC	gl
(Intercept)	-61.20875	49.27365	-1.2422207	0.2162	860.67	147/141
log(bio1)	11.04209	10.96471	1.0070574	0.3156		
log(bio5)	2.33899	18.95087	0.1234241	0.9019	Estrutura de Correlação	
log(bio7)	-1.41289	5.32569	-0.2652967	0.7912	range	nugget
log(bio14+1)	1.06711	0.52946	2.0154753	0.0458	4.3609	0.3657
log(altitude)	1.23040	0.43220	2.8468326	0.0051		

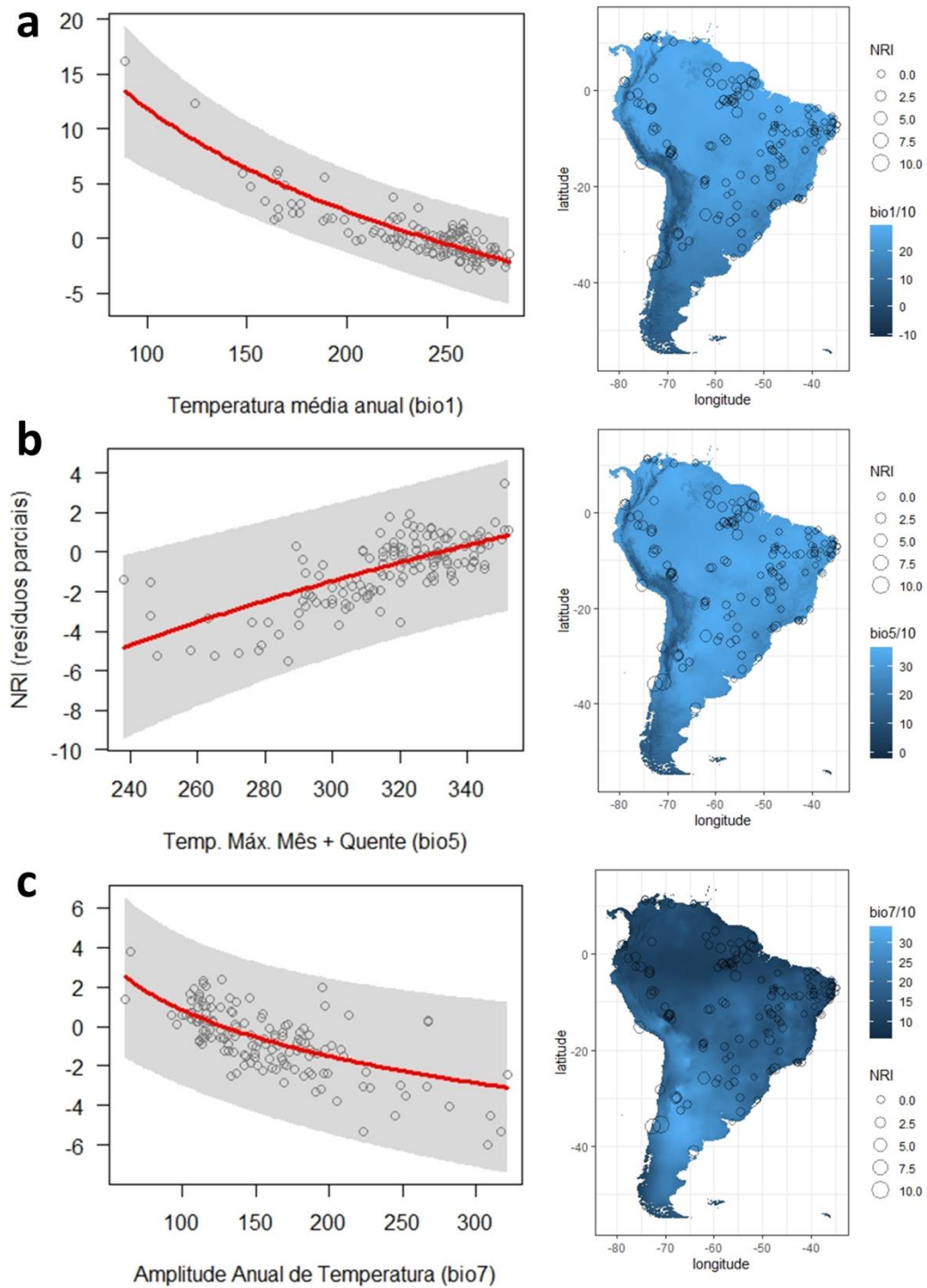


Figura 5: Relação das variáveis ambientais (a: temperatura média anual; b: temperatura máxima no mês mais quente; c: amplitude anual de temperatura) estatisticamente significantes ($p < 0.05$) para a estrutura filogenética (NRI) das comunidades de lagartos na América do Sul, com linhas de tendência e intervalos de confiança representadas, segundo análises GLS (Tabela 1). Os mapas à direita mostram a distribuição espacial da estrutura filogenética (NRI) e a intensidade do gradiente de cor variando de acordo com cada variável ambiental.

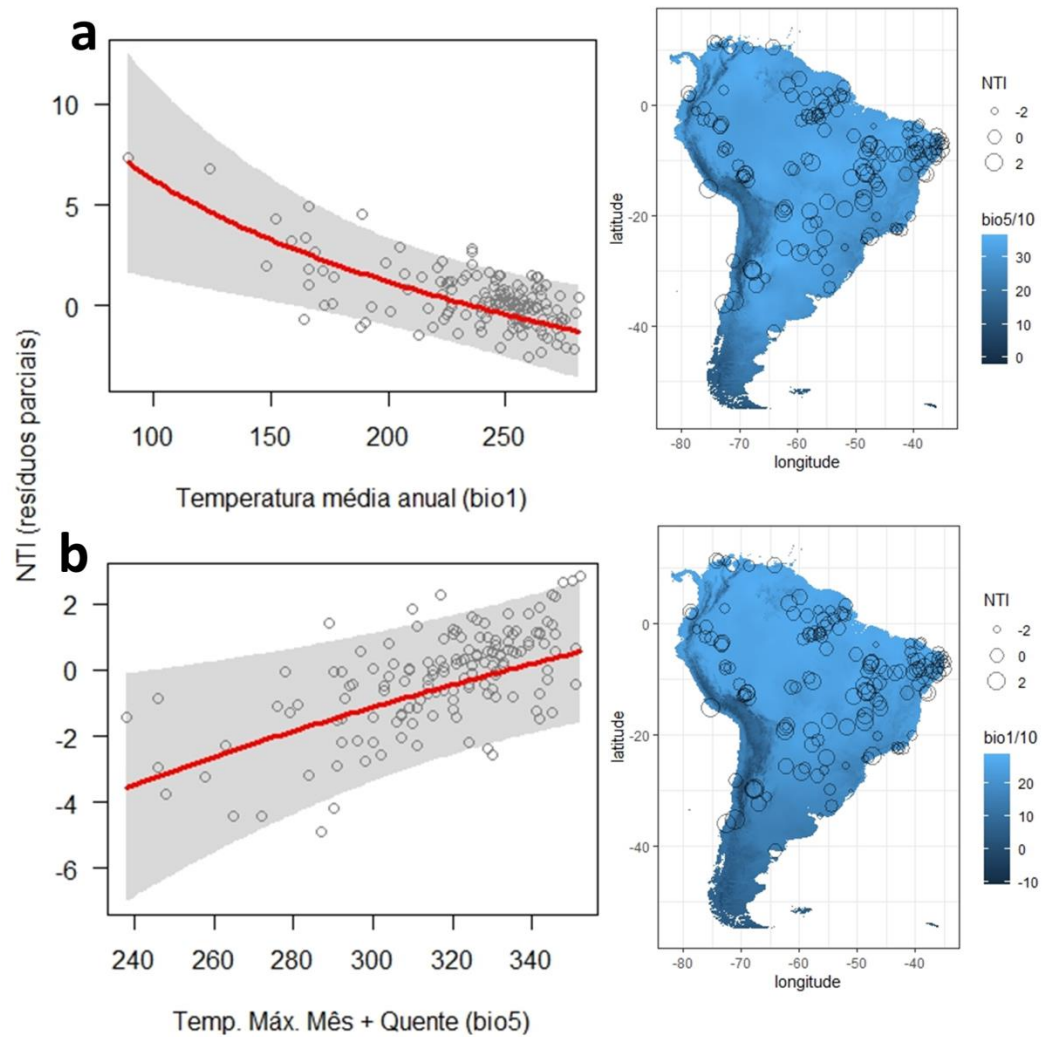


Figura 6: Relação das variáveis ambientais (a: temperatura média anual; b: temperatura máxima no mês mais quente) estatisticamente significantes ($p < 0.05$) para a estrutura filogenética (NTI) das comunidades de lagartos na América do Sul, com linha de tendência e intervalo de confiança representadas, segundo análises GLS (Tabela 1). Os mapas à direita mostram a distribuição espacial da estrutura filogenética (NTI) e a intensidade do gradiente de cor variando de acordo com cada variável ambiental.

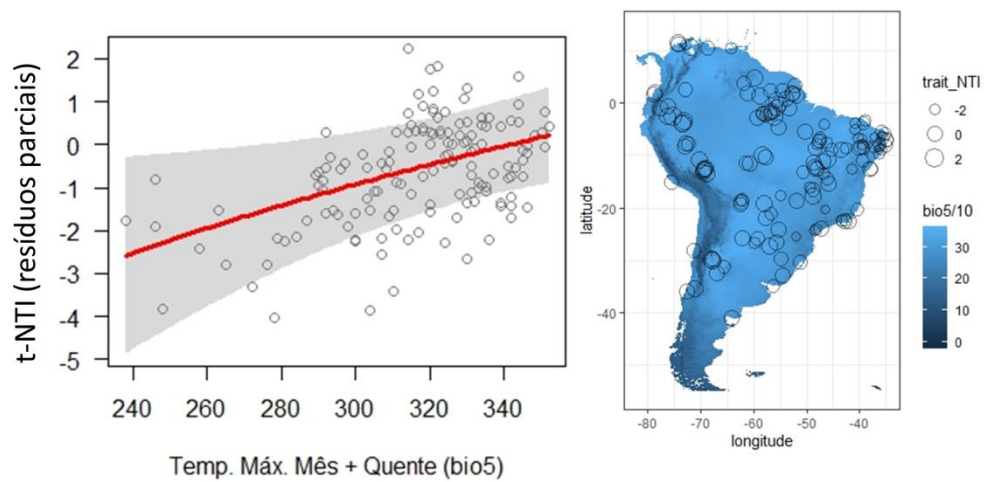


Figura 7: Relação significativa ($p < 0.05$) entre a temperatura máxima no mês mais quente (bio5) com a estrutura funcional (t-NTI) nas comunidades de lagartos na América do Sul, com linha de tendência e intervalo de confiança representadas, segundo análise GLS (Tabela 1). O mapa à direita mostra a distribuição espacial da estrutura funcional (t-NTI) e a intensidade do gradiente de cor variando de acordo com a variável ambiental.

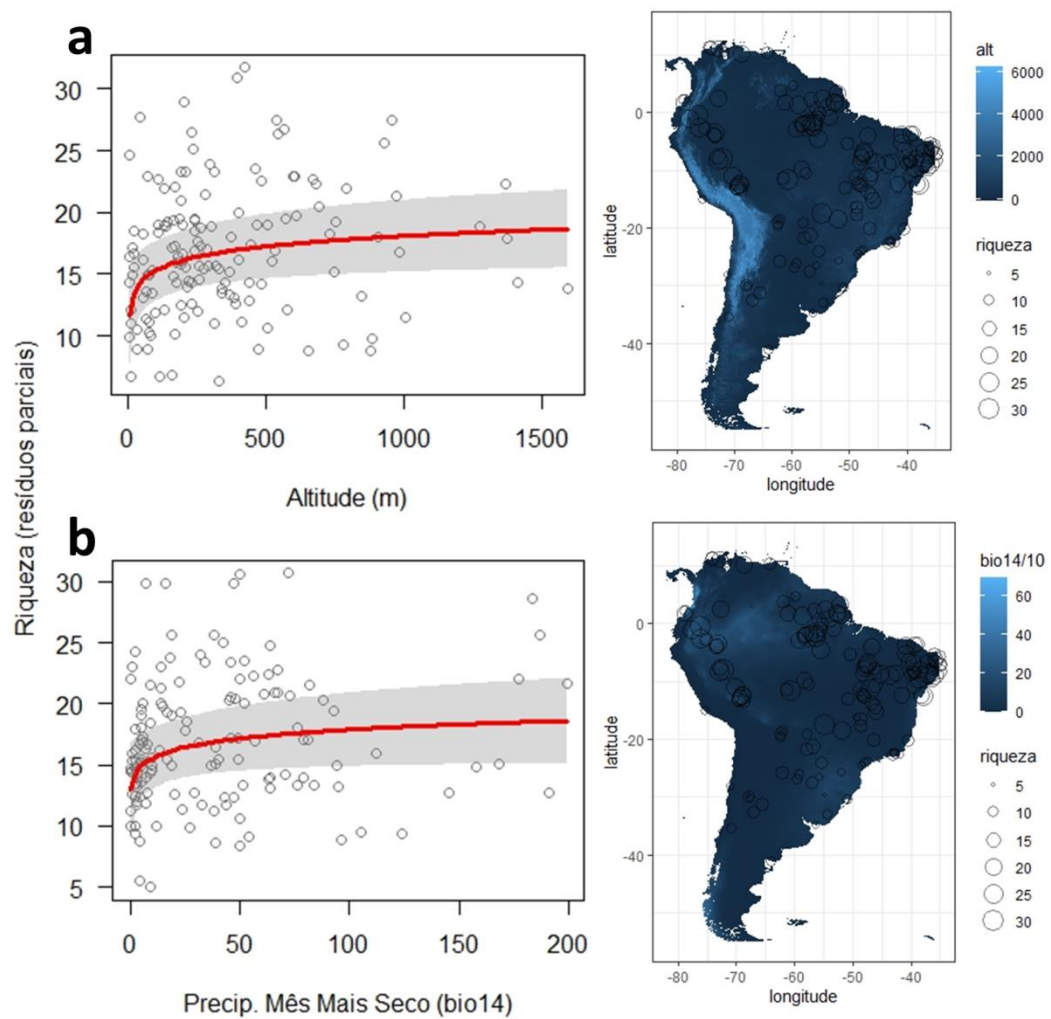


Figura 8: Relação das variáveis ambientais (a: altitude; b: precipitação no mês mais seco) significantes ($p < 0.05$) para a riqueza das comunidades de lagartos na América do Sul, com linha de tendência e intervalo de confiança representadas, segundo análises GLS (Tabela 1). Os mapas à direita mostram a distribuição espacial da riqueza e a intensidade do gradiente de cor variando de acordo com cada variável ambiental.

3.5. Discussão

Medidas de diversidade filogenética e funcional têm sido largamente usadas em estudos que buscam entender como fatores históricos e ambientais afetam os padrões de diversidade de espécies e estruturação das comunidades (PAVOINE; BONSALL, 2011). Aqui usamos dados de 147 comunidades de lagartos (totalizando 318 espécies) distribuídas nos biomas da América do Sul para investigar como os índices de divergência filogenética e funcional variam entre os biomas e com as variáveis ambientais na estruturação dessas comunidades. Encontramos uma maior proporção de comunidades filogeneticamente agrupadas (ambos NRI e NTI) em biomas montanhosos, mediterrânicos e temperados (climas frios), mas também em biomas xéricos e manguezais, enquanto uma maior proporção de comunidades filogeneticamente dispersas em biomas tropicais e subtropicais de florestas secas (NRI), savanas e florestas úmidas (NTI). Esses resultados são consistentes com a relação negativa desses índices com a temperatura média anual, indicando comunidades filogeneticamente mais dispersas em biomas com temperaturas médias mais altas. Porém, parece existir um limite nessa relação, pois locais com temperaturas máximas muito elevadas (representado aqui pela bio5, temperatura máxima no mês mais quente) resultam em comunidades mais agregadas filogeneticamente e funcionalmente. Inclusive, a temperatura máxima no mês mais quente foi a única variável ambiental com influência significativa na estrutura funcional das comunidades (t-NTI). Comunidades funcionalmente agregadas significativamente são encontradas especialmente nos biomas de florestas tropicais e subtropicais úmidas, enquanto aquelas significativamente mais dispersas funcionalmente são encontradas principalmente em florestas tropicais e subtropicais secas. A riqueza, por outro lado, é influenciada por outras variáveis (altitude e precipitação no mês mais seco) e (praticamente) não foi correlacionada com as métricas de divergência filogenética e funcional das comunidades, indicando não ser uma boa ferramenta para capturar as dimensões de diversidade em comunidades de lagartos sulamericanos.

3.5.1. Estruturação das comunidades de lagartos na América do Sul

As comunidades biológicas são estruturadas por vários processos ecológicos concomitantes, como filtragem ambiental, interações entre espécies e por processos biogeográficos e evolutivos históricos de especiação, extinção e dispersão (GASTON, 2000; WEIHER; KEDDY, 1995), que são cruciais em determinar o banco regional de espécies que moldam as comunidades locais (XING; REE, 2017). Na América do Sul, as florestas tropicais e subtropicais úmidas se diversificaram desde o início da Era Cenozoica (~66 Ma) enquanto savanas, biomas montanhosos e xerófitos tiveram sua expansão apenas do Neógeno tardio em diante (~11 Ma), após a retração das florestas úmidas (JARAMILLO, 2023). Assim, biomas mais recentes podem ter sido colonizados apenas por um subgrupo dos clados de lagartos que habitavam a região Neotropical, que conferissem adaptações às novas condições ambientais, como os climas mais frios no caso dos biomas montanhosos surgidos após a elevação final dos Andes nos períodos Plioceno e Pleistoceno (~5.5 - 2.5 Ma) (JARAMILLO, 2023). Portanto, os biomas que apresentaram maiores proporções de comunidades filogeneticamente agrupadas na América do Sul podem ser resultado de processos ecológicos, mas talvez seja também um reflexo de padrões biogeográficos de larga escala (WIENS; DONOGHUE, 2004), como o surgimento de novos ambientes e suas condições climáticas.

Muitos grupos de lagartos têm limitações em ocupar áreas e biomas muito frios, com a temperatura ambiental sendo um preditor crucial da variação de atributos de história de vida nesses animais (MEIRI *et al.*, 2013; DUBINER *et al.*, 2024), e isso pode explicar o fato da temperatura média anual ser um fator determinante na estruturação filogenética das comunidades como encontrado aqui, limitando quais linhagens podem colonizar e diversificar em uma área. Outros grupos de organismos (p.e. palmeiras, cecílias e crocodilianos) também são amplamente distribuídos em regiões tropicais, porém nunca se estabeleceram ou diversificaram em regiões temperadas, apesar de terem tempo evolutivo e capacidade de dispersão para tal. Esses padrões na distribuição de muitos táxons podem ser explicados pela Hipótese do Conservadorismo Tropical a qual sugere que uma maior diversidade de espécies nos biomas tropicais se deve ao fato da maioria desses táxons terem se originado e se especializado aos regimes climáticos tropicais (que também possuem maior extensão territorial e história geológica mais antiga), levando a muitas espécies não dispersarem ou colonizarem habitats que são radicalmente diferentes dos seus nichos ancestrais (WIENS; DONOGHUE, 2004). Sabemos que os ancestrais dos principais clados de lagartos e seus ecomorfotipos tiveram origem no período Jurássico, mas foi do Cretáceo tardio (~100 Ma) em

diante que os Squamata diversificaram e dominaram as paisagens continentais, juntamente com uma explosão de formas de vida terrestres, a fragmentação da Pangeia e a um aumento de temperatura global (BOLET *et al.*, 2022; GAUTHIER *et al.*, 2012). Portanto, durante a maior parte da história evolutiva dos lagartos, o planeta passava por períodos de temperaturas globais em média mais altas, com vastas áreas da América do Sul sendo ocupadas por florestas tropicais úmidas (HOORN *et al.*, 2023), propiciando as condições ancestrais de diversificação das linhagens neotropicais, o que nos explica porque a maioria das famílias de lagartos não ocuparem os biomas montanhosos e de climas mais frios na América do Sul.

Sabemos que a temperatura do ambiente tem influência direta na temperatura corporal e, portanto, no metabolismo de animais ectotérmicos como os lagartos, afetando aspectos de sua história de vida, comportamento e consequentemente seu *fitness* (ANGILLETTA *et al.*, 2002; MEIRI *et al.*, 2013). Em lagartos diurnos que habitam climas frios, a necessidade de manter a temperatura corporal maior que a temperatura ambiental levou a um aumento da necessidade de termorregulação quando comparados àqueles de regiões tropicais, gerando fracas correlações entre temperaturas corporal e ambiental em lagartos diurnos nesses locais. Porém, para lagartos noturnos, essa correlação entre a temperatura corporal e ambiental é forte e não varia com as condições climáticas (DUBINER *et al.*, 2024). Espécies noturnas, por estarem ativas sempre nas horas mais frias do dia, acumularam diversas adaptações para temperaturas corporais mais baixas (RUBALCABA *et al.*, 2023), como maiores taxas metabólicas (DUBINER *et al.*, 2023), e isso pode explicar a presença da família Phyllodactylidae em praticamente todos os biomas na América do Sul, incluindo àqueles mais frios (Figura 2). Por outro lado, a família Liolaemidae obteve grande sucesso em dominar os biomas mais frios durante o dia, com uma diversificação ocorrida nos últimos 25 Ma sendo concomitante com os sucessivos episódios de soerguimento dos Andes e resfriamento da temperatura global (PINCHEIRA-DONOSO *et al.*, 2015). Esses eventos favoreceram o surgimento de novos ambientes com diferentes condições geológicas e climáticas promovendo oportunidades para expansão de linhagens com fisiologia termal evolutivamente variável, como no caso dos *Liolaemus* (IBARGÜENGOYTÍA *et al.*, 2021), onde a combinação da complexa topografia dos Andes, mudanças climáticas e baixa dispersão do grupo impulsionaram sua diversificação (SKELLS *et al.*, 2023).

No presente estudo também encontramos uma correlação negativa da estrutura filogenética (NRI) com a amplitude anual da temperatura, indicando maior dispersão

filogenética em locais com grande variação sazonal na temperatura. Por um lado, como a sazonalidade climática tem influência direta nas mudanças de vegetação e nos requerimentos ecológicos das espécies, uma maior variação sazonal da temperatura pode levar a mudanças espaço-temporais na composição das comunidades, o que pode, por exemplo, minimizar as interações competitivas, permitindo a coexistência das espécies com padrões sazonais diferentes em um mesmo local (SHIMADZU *et al.*, 2013). Porém, como muitos grupos de lagartos têm limitações em ocupar áreas com temperaturas muito frias, esperávamos encontrar maior dispersão filogenética em locais com maior estabilidade térmica, mas talvez a existência de espécies filogeneticamente distantes em locais com grandes amplitudes de temperatura possa ser explicada pela alternância nos períodos anuais de atividade, com muitas espécies desenvolvendo mecanismos de redução de metabolismo que os permitem atravessar estações de condições climáticas mais extremas (DUBINER *et al.*, 2023).

Na América do Sul, as florestas tropicais e subtropicais secas (nesse estudo sendo representado majoritariamente pela Caatinga) concentraram a maior proporção de comunidades filogeneticamente (NRI) e funcionalmente dispersas quando comparado aos outros biomas, indicando uma maior dispersão filogenética e funcional nesses ambientes. Outro estudo já apontou resultados semelhantes aos nossos, destacando a Caatinga como uma das áreas de maior dispersão filogenética das Américas, juntamente com outras regiões de biomas abertos e mais secos (como Cerrado, Chaco e norte do México) (VÁSQUEZ-RESTREPO *et al.*, 2023). Isso pode ser resultado de processos ecológicos e evolutivos ocorridos ao longo de milhões de anos, como múltiplos eventos de dispersão entre biomas adjacentes que, juntamente com a diversificação *in situ*, moldaram a composição de espécies nessas regiões (ANTONELLI *et al.*, 2018; BEZERRA, *et al.*, in prep. - cap. 1), levando a comunidades colonizadas por muitas linhagens basais a apresentarem dispersão filogenética (HEARD; COX, 2007). Porém, quanto ao NTI, esse bioma não apresentou nenhuma comunidade dispersa e sim algumas filogeneticamente agregadas. Isso nos mostra que diferentes métricas podem revelar padrões opostos agindo no grupo de lagartos como um todo (toda a filogenia) e nas espécies mais aparentadas (ramos terminais) (TUCKER *et al.*, 2017), e a presença de algumas comunidades agrupadas filogeneticamente quanto ao NTI pode ser resultado de radiação local em alguns ramos da filogenia associado a dispersão limitada desses grupos (PENNINGTON *et al.*, 2006). É também notável para esse bioma a grande proporção de comunidades funcionalmente dispersas, especialmente quanto às espécies mais aparentadas (t-NTI), o que pode ser resultado de processos de competição entre as espécies

mais aparentadas nesse bioma, levando a uma maior diferenciação em suas estratégias funcionais, já que as métricas que focam em espécies aparentadas tem maior poder em detectar padrões derivados de similaridade limitada (KRAFT *et al.*, 2007).

De forma semelhante, padrões de agregação ou dispersão na estrutura das comunidades podem exibir respostas diferentes quando usado o *pool* de espécies continental ou regional na geração dos modelos nulos, como ocorreu aqui para o NTI e t-NRI no bioma de florestas tropicais e subtropicais secas. Dependendo da escala de estudo, padrões não aleatórios (ou seja, de agrupamento ou dispersão) podem surgir de processos ecológicos ou evolutivos diferentes (CANTALAPIEDRA *et al.*, 2014). Por exemplo, quando clados específicos de um grupo estão presentes apenas em um bioma, as comunidades podem apresentar agrupamento filogenético quando comparado com o *pool* continental ou exibir uma estruturação aleatória quando comparado com o *pool* regional (CARDILLO, 2011), levando a padrões diferentes dependendo da escala geográfica de estudo.

Encontramos uma maior proporção de comunidades funcionalmente agrupadas em florestas tropicais e subtropicais úmidas, normalmente apontados como biomas com extensa disponibilidade e heterogeneidade de recursos. Isso pode ser resultado de uma possível saturação funcional em comunidades com riqueza alta, onde um aumento em número de espécies não incrementa maior variabilidade de traços funcionais na comunidade, gerando um déficit funcional dado sua diversidade filogenética (SAFI *et al.*, 2011; VÁSQUEZ-RESTREPO *et al.*, 2023) e padrões como o encontrado no presente estudo. Em escala global, a relação entre diversidade funcional e riqueza de espécies de lagartos não segue um padrão linear de crescimento mútuo e em comunidades com elevada riqueza de espécies existe um decréscimo na diversidade funcional (VIDAN *et al.*, 2019). Esse padrão pode surgir, por exemplo, quando poucos grupos funcionais dominam a riqueza local por terem um grande número de espécies que os representam na comunidade (STEVENS *et al.*, 2003). No presente estudo, o t-NRI foi a única métrica de divergência a ser correlacionada positivamente com a riqueza de espécies (apesar da baixa correlação), o que indicaria que comunidades com elevado número de espécies têm maior tendência a serem funcionalmente agregadas (quanto ao t-NRI). Esse resultado de maior proporção de agrupamento funcional não se repete quando analisamos apenas as espécies aparentadas das comunidades (t-NTI), onde de forma oposta temos é uma (leve) proporção maior de comunidades funcionalmente dispersas, o que deixa

menos provável a ação de processo de filtragem ambiental agindo nesse bioma, como pode ser sugerido pelo agregamento funcional quanto ao t-NRI.

É importante ressaltar que apesar de padrões não aleatórios nas comunidades serem frequentemente associados a processos de filtragem ambiental (quando encontramos uma estrutura agrupada) ou a similaridade limitante (quando encontramos estrutura dispersa nas comunidades), estruturas aleatórias podem surgir nas comunidades biológicas como resultado de uma combinação desses processos agindo ao mesmo tempo (CAVENDER-BARES *et al.*, 2009). Dessa forma, muitas vezes é difícil separar os efeitos contrastantes da filtragem ambiental e da competição quando nenhum desses processos tem efeito dominante em uma comunidade (MAYFIELD; LEVINE, 2010) ou quando outros processos envolvidos são dominantes, tais como facilitação (VALIENTE-BANUET; VERDU, 2007) ou estocasticidade demográfica (HUBBELL, 2001).

3.5.2. *Aquecimento global e o impacto nas comunidades de lagartos*

Enquanto métricas de diversidade filogenética capturam melhor o resultado de processos biogeográficos históricos de larga escala, métricas funcionais respondem mais rápido aos fatores ecológicos e ambientais locais que governam a estruturação das comunidades (KHALIL *et al.*, 2018; PAVOINE; BONSALE, 2011), pois os traços funcionais podem evoluir tanto para permitir diferenciação de nicho como podem ser resposta de adaptação às condições ambientais. No presente estudo apenas a temperatura máxima no mês mais quente (bio5) teve influência na estrutura funcional (t-NTI) das comunidades de lagartos sulamericanos, resultando em comunidades com espécies aparentadas mais semelhantes em estratégias funcionais nos locais que atingem temperaturas máximas mais elevadas. Além disso, as métricas de divergência filogenética (NRI e NTI) também tiveram a mesma relação com a temperatura máxima no mês mais quente, levando a comunidades mais agrupadas também filogeneticamente nos locais com temperaturas máximas mais elevadas. Esses resultados confirmam o que era esperado pela HDE, onde ambientes estressantes (aqui quanto às temperaturas máximas) levam a comunidades mais similares (aqui tanto funcional quanto filogeneticamente) (WEBB *et al.*, 2002; WEIHER; KEDDY, 1995), indicando que a filtragem ambiental tem grande influência na estruturação dessas comunidades.

A filtragem ambiental pode reduzir a divergência funcional das comunidades quando as restrições ambientais impedem a persistência de espécies sem características

específicas que confirmam adaptações a essas condições extremas, variando entre as famílias de lagartos globalmente com as diferentes variáveis de estresse (SKEELS *et al.*, 2020). Porém, em geral uma redução na diversidade funcional em comunidade de lagartos é reportada para habitats que sofrem fortes pressões ambientais (BARROS *et al.*, 2022; VIDAN *et al.*, 2019), por exemplo levando a convergências morfológicas e de uso de habitat em lagartos de desertos como consequência da filtragem ambiental (MELVILLE *et al.*, 2006). No presente estudo, é provável que os traços funcionais que confirmam adaptações à colonização de ambientes com temperaturas máximas elevadas sejam conservadas filogeneticamente (e não resultado de convergências evolutivas), pois foi encontrada uma correlação positiva entre as métricas filogenéticas e funcionais (Figura 3) e ambas foram relacionadas de forma semelhante com a mesma variável ambiental (Figuras 5.b, 6.b e 7). Assim, como as relações de parentesco numa filogenia também capturam similaridades ecológicas entre as espécies (KRAFT; ACKERLY, 2010), a filtragem ambiental levou a padrões com tendências semelhantes quanto às métricas funcionais e filogenéticas. MESQUITA e COLLI (2010) já haviam sugerido que vários aspectos de história de vida de lagartos sulamericanos eram conservados na filogenia, indicando influências históricas na determinação de seus aspectos ecológicos.

Os padrões de estruturação em comunidades de lagartos na África também seguem as predições da HDE, porém com influência de um gradiente de precipitação, apontando comunidades mais agregadas funcionalmente (porém mais dispersas filogeneticamente) em biomas mais áridos (RAMM *et al.*, 2018). Apesar de compartilharem uma história geológica comum, América do Sul e África já acumulam mais de 100 Ma de separação via deriva continental (CASTRO *et al.*, 2012), o que levou a formação e evolução dos biomas e suas biotas associadas de forma única em cada um desses continentes, incluindo os processos que estruturaram suas comunidades biológicas. Por exemplo, a contração das florestas úmidas no Mioceno e os ciclos sucessivos de retração e expansão das mesmas devido às flutuações climáticas no Pleistoceno foram mais pronunciados na África que na América do Sul, por causa da influência dos Andes neste último (ANHUF *et al.*, 2006). Provavelmente em decorrência disso, a América do Sul abriga hoje um maior número de espécies de árvores que a África, tanto em biomas de vegetação úmida (4x mais) quanto de vegetação seca (2x mais), mesmo o continente africano tendo maiores proporções de florestas secas e savanas dominando seu território (MIRANDA *et al.*, 2022). Dessa forma, por possuir história geológica diferente e por ter uma maior proporção de biomas de vegetação seca (além

do maior deserto do mundo, o Saara), um gradiente de umidade deve ter sido mais determinante na estruturação das comunidades de lagartos no continente africano quando comparado ao continente sulamericano, onde as temperaturas máximas tiveram maior importância.

Investigar a relação entre variáveis ambientais e as estratégias funcionais é fundamental para prever as respostas das comunidades e ecossistemas frente às mudanças climáticas (WIECZYNSKI *et al.*, 2019). Como já apontamos aqui, a temperatura ambiental afeta diretamente as taxas metabólicas e consequentemente a maioria dos aspectos ecológicos e sobrevivência dos lagartos (ANGILLETTA *et al.*, 2002; BROWN *et al.*, 2004), sendo até mesmo mais relacionada aos atributos de história de vida desses animais do que sua temperatura corporal (MEIRI *et al.*, 2013), resultando assim em impactos diretos das dinâmicas ecológicas e evolutivas com o aquecimento global. Os resultados do presente estudo apontam uma consequência direta da relação entre temperaturas máximas ambientais e atributos funcionais em lagartos, resultando em comunidades mais agrupadas tanto filogenética quanto funcionalmente nos locais que atingem temperaturas máximas mais elevadas, levando a previsões diretas de mudanças na estrutura filogenética e funcional das comunidades de lagartos em decorrência do aquecimento do planeta. As previsões de mudanças dos atributos funcionais relacionados à temperatura variam geograficamente, com evidências sugerindo, por exemplo, que espécies tropicais podem sofrer maiores pressões seletivas para reduzir a absorção de calor pela pele e o tamanho corporal que espécies de regiões temperadas, pois o tamanho do corpo nas regiões temperadas é menos influenciado pela temperatura ambiental (RUBALCABA *et al.*, 2023). Por outro lado, a capacidade de espécies de desertos e de regiões temperadas de lidar com o estresse térmico por meio da termorregulação é mais restrita que de espécies tropicais, que podem seletivamente encontrar mais abrigos e áreas sombreadas como refúgios para evitar o superaquecimento (ANDERSON *et al.*, 2022).

A tolerância ao calor é um traço evolutivamente conservado nos diferentes grupos de organismos, pois altas temperaturas comprometem a estabilidade bioquímica das membranas e proteínas, impondo um limite às temperaturas críticas termais e tornando improvável o surgimento rápido de adaptações que confiram às espécies maior resistência térmica frente ao aquecimento do planeta (BENNETT *et al.*, 2021). Isso levará à extinção local de diversas espécies de lagartos ao redor do mundo, com pesquisas apontando um maior

impacto em espécies tropicais (SINERVO *et al.*, 2010; TEWKSBURY *et al.*, 2008), enquanto outras mostram que esse impacto independe da região geográfica (DIELE-VIEGAS *et al.*, 2020). As projeções de extinções futuras decorrentes do aumento de temperaturas máximas globais estimam que até 39% das populações locais e 20% das espécies de lagartos do planeta estarão extintas até 2080 (SINERVO *et al.*, 2010). Nesse cenário de aquecimento global, alguns grupos de lagartos terão maiores impactos que outros, como por exemplo, espécies de habitats abertos foram consideradas menos propensas ao risco de extinção que aquelas de ambiente florestado na Amazônia (DIELE-VIEGAS *et al.*, 2018). Recentemente também foi previsto uma redução na distribuição potencial e riqueza de espécies de répteis que vivem em solos arenosos na diagonal de vegetações abertas da América do Sul em decorrência das mudanças climáticas, com algumas espécies apresentando altas chances de serem completamente extintas nas próximas décadas (OLIVEIRA *et al.*, 2024). Com recordes de temperaturas médias e máximas no planeta sendo superados a cada ano, as projeções para o futuro indicam ainda mudanças simultâneas e múltiplas nos ecossistemas causados pelo aquecimento global, como ondas de calor e secas mais frequentes, maior intensidade de queimadas, dentre outros desastres naturais (CALVIN *et al.*, 2023), o que deve acelerar ainda mais a extinção de populações e espécies locais e levar a uma homogeneização funcional e filogenética das comunidades de lagartos em todo o mundo. Se acrescentarmos ainda as consequências da perda e fragmentação de habitat causado pelo desmatamento e o declínio das interações entre as espécies (CERON *et al.*, 2023) esse cenário futuro deve ficar ainda mais obscuro.

3.6. Conclusões

No presente estudo demonstramos como a utilização de diferentes métricas em diversidade funcional e filogenética em diferentes escalas nos ajuda a detectar os processos que guiaram a estruturação das comunidades de lagartos na América do Sul. Os padrões de estruturação das comunidades apresentaram algumas diferenças dependendo da escala de estudo, mas as proporções gerais foram semelhantes em nível regional e continental. A temperatura média anual teve influência na estruturação filogenética, levando a comunidades mais agrupadas em climas frios, como nos biomas temperados e montanhosos, e comunidades mais dispersas em climas quentes, como nos biomas tropicais e subtropicais. Essa relação deve ser resultado tanto da história biogeográfica de formação desses biomas no continente

sulamericano como também refletir o nicho ancestral e os processos de diversificação nesse grupo de animais. Já a estruturação funcional nos aponta que essas comunidades de lagartos sofrem processo de filtragem ambiental, onde as temperaturas máximas elevadas resultam em comunidades agrupadas, o que nos aponta consequências diretas de mudanças nas estruturas das comunidades decorrente do processo de aquecimento global.

3.7. Apêndices

Apêndice 1: Relação das 147 localidades amostradas, sua referência bibliográfica, suas respectivas coordenadas geográficas e métricas de estruturação de suas comunidades testadas com o *pool* continental e regional de espécies.

Dados dos locais + estrutura das comunidades (testado com o pool de espécies continental)													
	Referência	Localidade	Latitude	Longitude	Riqueza	NRI	p_NRI	NTI	p_NTI	trait_NRI	p_trait_NRI	trait_NTI	p_trait_NTI
1	Almeida-Gomes, M. & R.	Reserva Ecológica de Guapiacu, Cachoeira	-22.453243	-42.770274	8	-1.164358	0.9216157	-0.5667576	0.7174565	-0.6231611	0.720055989	-1.5003788	0.92861428
2	Almeida-Gomes, M.; Vrci	Morro São João, Casimiro de Abreu, RJ, Bra	-22.55	-42.016666	6	-0.52922	0.6644671	-0.0842706	0.5332933	0.3426293	0.371925615	0.0976646	0.48030394
3	Almeida-Gomes, M.; Vrci	Fazenda Cachoeira de Capivara, Cacimba c-	-6.6833333	-35.749722	14	-0.395544	0.5978804	0.7322392	0.2411518	-0.49409	0.680063987	-1.2176993	0.88322336
4	Arabe, C.; Skuk, G.; Santi	Parque Estadual da Pedra da Boca, Ararun-	-6.4536111	-35.680277	17	-1.33514	0.9346131	-1.5975697	0.940212	-0.9792749	0.830233953	-2.2942235	0.98580284
5	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	FLOTA Faro, Faro, PA, Brasil	-1.71353297	-57.2128100	19	0.0453399	0.4283143	0.1703695	0.445111	1.4601936	0.074385123	0.6968632	0.25414917
6	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	FLOTA Trombetas, Óbidos, PA, Brasil	-0.96241774	-55.521820	16	-0.457049	0.6194761	0.6927782	0.2513497	1.7462969	0.043391322	0.9331388	0.17956409
7	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	REBIO Maicuru, Almeirim, PA, Brasil	0.8289596	-53.9307314	21	0.1284726	0.3971206	-0.4549741	0.6764647	2.0077973	0.022795441	0.3603782	0.36912617
8	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	FLOTA Paru, Almeirim, PA, Brasil	-0.9436175	-53.235836	17	1.3571789	0.1025795	0.3823927	0.3623275	1.912054	0.030593881	0.1813048	0.4455109
9	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	ESEC Grão-Pará Norte, Oriximiná, PA, Brasil	1.2857574	-58.695401	24	1.121624	0.1375725	0.2828819	0.3885223	2.6023254	0.004399912	0.6104091	0.28834233
10	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	ESEC Grão-Pará Centro, Óbidos, PA, Brasil	0.63062220	-55.72801962	15	1.0526049	0.1421716	0.5695992	0.2971406	1.524175	0.066386723	0.1798357	0.44711058
11	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogn	ESEC Grão-Pará Sul, Alenquer, PA, Brasil	-0.16514218	-55.185923174	14	-0.612193	0.69986	0.3874165	0.5387283	0.5214239	0.304539092	0.466736	0.34533093
12	Ávila, R.W.; Kawashita-R	Planta da Hidrelétrica de São João da Barr-	-10.4283333	-57.6344444	12	-0.349505	0.5842831	1.5601076	0.0589882	1.7065269	0.045790842	0.189061	0.44011198
13	Bernarde, P.S.; Machado	Igarapé Esperança, Reserva Extrativista Ri-	-7.95518421	-72.0763740	30	0.2387133	0.3691262	-0.681028	0.7534493	1.5861522	0.060187962	-0.6890539	0.75064987
14	Bernardo, P.H.; Guerra-Fi	Reserva Biológica do Tapirapé, Pará, Brazi-	-5.50322819	-50.2784437	13	-0.842219	0.7958408	0.2930139	0.3953209	1.2144017	0.117176565	0.0344337	0.51229754
15	Borges-Leite, M.J.; Mota	São Gonçalo do Amarante, Ceará, Brazil	-3.515250	-38.918805	15	-1.125064	0.8990202	-1.0766789	0.85003	-0.838337	0.793441312	-1.6706068	0.94861028
16	Borges-Nojosa, D.M.; Cas	RPN Serra das Almas, Crateús, Ceará, Bra-	-5.146617	-40.929037	20	-1.150741	0.8936213	-0.8353901	0.7928414	-0.9010298	0.808838232	-1.901646	0.96780644
17	Caldas, F.L.S.; Costa, T.B.	Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra d-	-6.582933	-37.329919	13	-0.844705	0.7994401	0.3247022	0.3763247	-1.1176768	0.861827634	-2.6478509	0.99340132
18	Guerrero, A.C.; Rocha, P.L	Reserva Sapiranga, Mata de São João, Bah-	-12.5681560	-38.037765674	18	-0.396853	0.6154769	-0.0727748	0.5402919	0.9019292	0.184963007	-0.1631658	0.57788442
19	Cintra, C.E.D.; Silva, H.L.R	Estação Hidrelétrica Santa Edwiges I e II, E-	-14.3084463	-46.194041881	16	-1.025617	0.8578284	0.1413652	0.4469106	-1.2097906	0.884423115	-1.143176	0.87102579
20	Cisneros-Heredia, D.F.	2l Estación de Biodiversidad Tiputini, Orellan-	-0.61770810	-76.17136526	29	0.827933	0.1959608	0.2271291	0.4187163	2.3380539	0.0109978	-0.1268018	0.5508898
21	Condez, T.H.; Sawaya, R.J	Planalto Atlântico de São Paulo, municípi-	-23.882845	-47.382873	7	1.8007624	0.0537892	1.9545336	0.617718	0.279144171	0.2719577	0.42211558	0.5508898
22	Couto-Ferreira, D.C.; Tinc	Reserva Imbassai, Mata de São João, Bani-	-12.4781982	-37.95760262	26	-1.539997	0.9638072	1.1953572	0.119976	-1.5095965	0.939412118	-1.204438	0.87562488
23	Dal Vecchio, F.; Recoder,	Estação Ecológica de Uruçuí-Uma, Piauí, Br-	-8.862650	-45.214138	23	-1.031715	0.8546291	0.4261946	0.3475305	-1.4756121	0.932013597	-0.8333312	0.80163967
24	Dal Vecchio, F.; Teixeira J	Parque Nacional da Serra das Confusões	-8.98569862	-43.44682664	24	-1.060813	0.865227	1.0234889	0.1617676	-1.527775	0.941611678	-0.1423591	0.56928614
25	Duellman, W.E.; Mendel	Departamento Loreto, Peru	-2.59409148	-76.11469821	26	-0.414517	0.6212757	-0.3797344	0.6474705	2.3618837	0.00919816	0.5156912	0.30973805
26	Forlani, M.C.; Bernardo,	Parque Estadual Carlos Botelho, Capão Bo-	-24.1244025	-48.00272146	9	-0.630582	0.7016597	-0.7595391	0.7678464	-0.7833575	0.772245551	-1.5137474	0.92661468
27	Freire, E.M.X. 1996. Estud	Parque das Dunas de Natal, Natal, Rio Gra	-5.820286	-35.188714	14	-1.655805	0.9880024	-1.5041839	0.930214	-0.1780031	0.567086583	-1.2988316	0.90061988
28	Freire, E.M.X. 1996. Estud	Restinga de Ponta de Campina, Cabedelo,	-7.029256	-34.838188	11	-1.119042	0.9006199	-0.2285876	0.5904819	0.5647808	0.293541292	-0.3488907	0.65006999
29	Garda, A.A.; Costa, T.B.;	S Estação Ecológica Raso da Catarina, Paulo	-9.731575	-38.682844444	21	-1.587224	0.9746051	0.5153054	0.3169366	-1.6144722	0.949010198	-3.5950406	1
30	Guerrero, A.; Baldoni, J.I	Parque Nacional de Sierra de las Quijadas	-32.567062	-66.994105	11	-0.500652	0.6524695	1.0060462	0.1593681	0.7831193	0.217556489	0.4470058	0.34853029
31	Iha, P.; Dixon, M. 2010. An	Rio Preto da Eva, Amazonas, Brazil	-2.902839	-59.297532	19	-0.274593	0.5512897	-0.2633447	0.5974805	1.9101175	0.031993601	0.4599574	0.33493301
32	Larreal, J. T.; Rivas, G.A.;	Maracaibo, Zulia, Venezuela	10.588453	-71.709469	9	-0.594161	0.6844631	0.3497232	0.3757249	0.2604014	0.397920416	0.5946138	0.28994201
33	Lima, J.D. 2008. A herpet	Exp. I, Rio Amapari, Parque Nacional Mon	1.603112436	-52.4939855	21	1.7223885	0.0595881	-0.4937605	0.6952609	1.7801658	0.039992002	-0.2524616	0.60527894
34	Lima, J.D. 2008. A herpet	Exp. II, Rio Mapaoni, Parque Nacional Mon	2.193333333	-54.5875	24	0.2198317	0.3743251	-1.2441277	0.8934213	0.5815647	0.276544691	-0.3802486	0.65066987
35	Lima, J.D. 2008. A herpet	Exp. III, Rio Anotaie, Parque Nacional Mon	3.216111111	-52.1019444	20	1.4950843	0.0807838	0.502577	0.3125375	1.5083842	0.066586683	-0.2969453	0.62567487
36	Lima, J.D. 2008. A herpet	Exp. IV, Rio Mutum, Parque Nacional Mont	1.38722222	-51.9275	21	1.2256273	0.114777	-0.4103282	0.6572685	1.190943	0.119976005	-0.086817	0.54409118
37	Lima, J.D. 2008. A herpet	Exp. V, Rio Anacuj, Parque Nacional Mont	1.84472222	-52.741111	21	0.7597404	0.2113577	0.1801676	0.4441112	1.2442418	0.108978204	0.1995044	0.43891222
38	MacCulloch, R.D. and Rei	Paramakatoi e Kato, Guyana	4.691013	-59.765051	9	0.803853	0.1929614	0.7721237	0.2239552	1.1854112	0.123775245	0.7902022	0.22235553
39	MacLeod, L.C.; Bernardo,	Estação Jaburi, Fátima, Rio	-11.6	-60.7	30	0.719634	0.2181564	-0.8768266	0.8082394	0.5467630	0.00630873	0.0730837	0.50470814

41	MacCulloch, K.D. and Kei Paramakatoi e Kato, Guyana	4.691013	-59.765051	9	0.8035853	0.1929614	0.171231	0.2239552	1.1854112	0.123175245	0.1902022	0.22235533
42	Macedo, L.C.; Bernarde, F. Fazenda Jaburi, Espição do Oeste, Rondônia	-11.6	-60.7	29	0.719634	0.2181564	-0.8768266	0.8082384	2.5467629	0.00639872	0.0239037	0.50429914
43	Magalhães, F.M.; Laranj Parque Nacional da Chapada Diamantina,	-12.535	-41.4869444	18	-0.724622	0.7518496	0.4881171	0.3173965	-2.077399	0.983603279	-2.1565232	0.97860428
44	Mendes-Pinto, T.J.; Souza Floresta Nacional do Trairão, Pará, Brazil	-15.7601944	-55.404075	23	2.0150212	0.0379924	0.2803836	0.3969206	2.4332662	0.00879824	0.4028036	0.35252949
45	Moraes, L.F.P. 2008. Diver Parque Nacional do Viruá, Roraima, Brazil	1.776446828	-61.0344873	17	-0.049156	0.469906	0.3867223	0.3653269	1.2475727	0.112577485	-0.1546379	0.57628474
46	Moraes, L.F.P. 2008. Diver Estação Ecológica de Maracá, Roraima, Brazil	3.666666	-61.792777	13	-0.257134	0.5442911	1.315132	0.0919816	0.7821846	0.218756249	-0.3082126	0.64107179
47	Morais, A.R.; Bastos, R.P. Floresta Nacional de Silvânia, Silvania, Gc	-16.634520	-48.660997	14	0.4288779	0.2935413	1.2676491	0.1043791	0.4682791	0.32235533	-0.2460979	0.60827834
48	Oliveira, D.P.; Souza, S.M São José do Jabore, Rio Jatapu, São Sebast	-1.93138888	-58.25583333	20	0.5844566	0.2535493	-0.0896096	0.5436913	0.8654528	0.195960808	-0.9394586	0.81843631
49	Oliveira, D.P.; Souza, S.M São João do Lago da Velha, Rio Jatapu, Sã	-2.0252777	-58.19	15	0.864603	0.1771646	0.1262765	0.4547091	1.187449	0.120975805	0.0079317	0.5184963
50	Pavan, D. 2007. Assemblé Petrolina de Goiás, Goiás, Brazil	-16.204725	-49.338763	6	-1.534152	0.9886023	-2.1500428	0.9830034	-0.860486	0.791841632	-1.6542453	0.94761048
51	Pavan, D. 2007. Assemblé Paranã, Tocantins, Brazil	-12.614292	-47.898175	13	-0.849283	0.7940412	0.6020939	0.2821436	-0.1294175	0.553089382	-0.5438149	0.71465707
52	Pavan, D. 2007. Assemblé São Salvador, Tocantins, Brazil	-12.482349	-48.2581725	15	0.3075232	0.3993321	2.1211632	0.0155969	0.2511801	0.398520296	-0.1506139	0.5744851
53	Pavan, D. 2007. Assemblé Peixe, Tocantins, Brazil	-12.2601287	-48.4101162	14	-0.639533	0.7110578	2.1216447	0.014997	0.5317533	0.301139772	-0.0716703	0.5404919
54	Pavan, D. 2007. Assemblé Aliança do Tocantins, Tocantins, Brazil	-11.296749	-48.765749	16	-0.21947	0.5388922	2.2288766	0.0107978	0.0186273	0.480903819	0.0398343	0.50229954
55	Pavan, D. 2007. Assemblé Gualai, Tocantins, Brazil	-8.619040	-48.329289	16	-0.101447	0.4883023	0.372431	0.3607279	-0.2198189	0.577684463	-0.7811361	0.78404319
56	Pavan, D. 2007. Assemblé Palmeirante, Tocantins, Brazil	-7.878766	-47.919293	17	-0.665257	0.725055	0.059149	0.4819036	-1.1545935	0.875024995	-1.7206162	0.95280944
57	Pavan, D. 2007. Assemblé Carolina, Maranhão, Brazil	-7.25710329	-47.5134628	22	-1.813405	0.9922016	0.8589659	0.1987602	-1.4134935	0.925614877	-0.5756659	0.71505699
58	Pavan, D. 2007. Assemblé Babaçulândia, Tocantins, Brazil	-7.205577	-47.786195	16	-0.638033	0.7126575	1.4518507	0.0709858	-0.150583	0.551489702	-0.94216	0.82263547
59	Pavan, D. 2007. Assemblé Estreito, Maranhão, Brazil	-6.7293289	-47.4545749	23	-1.780784	0.9876025	0.3088671	0.3857229	-1.143325	0.871225755	-1.164772	0.87082583
60	Pedrosa, I.M.M.C.; Costa, Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco	-8.586455	-37.229599	25	-1.862122	0.9922016	0.1709647	0.439912	-1.3229314	0.909818036	-1.5195681	0.92961408
61	Pereira, E.N.; Teles, M.J.L Floresta Nacional de Negreiros, Serrita, Pe	-7.9786111	-39.459722	15	-0.748202	0.7576485	0.5247411	0.3081384	-1.1258205	0.863827235	-1.9373364	0.97060588
62	Pellegrine, N.; Leynaud, G. Reserva Provincial de Chancani, Córdova, A	-31.334018	-65.454935	13	0.060912	0.4087183	-1.2565755	0.8962221	-0.1951324	0.569486103	-1.2143502	0.88422316
63	Prudente, A.L.C.; Magalhães Projeto Juriti/Alcoa, Pará, Brazil	-2.54444444	-56.1672222	24	-0.026849	0.4671707	-0.8500729	0.7976405	3.1102246	0.00119976	1.2122835	0.11423835
64	Recoder, R.S.; Nogueira, Parque Nacional Grande Sertão Veredas, N	-15.382884	-45.89957	19	0.6611867	0.2359528	0.5390844	0.2961408	0.1856901	0.422515497	-0.0899086	0.55008998
65	Recoder, R.S.; Teixeira Jr. Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins	-11.2204105	-46.8851296	25	-1.453136	0.94981	0.9645096	0.1667666	-0.4300574	0.659868026	0.2409979	0.4155169
66	Recoder, R.S.; Teixeira Jr. Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins	-10.6606907	-46.15874724	15	-1.297925	0.9368126	0.2865586	0.4029194	0.227366	0.409318136	1.2152204	0.11037792
67	Salles, R.O.L.; Silva-Soar Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brazil	-22.578789	-43.233860	11	-1.690588	0.9912018	-1.7261457	0.9562088	-1.3166956	0.901619676	-1.6117816	0.93881224
68	Santana, G.G.; Vieira, W. APP Mata do Burauinho, João Pessoa, Para	-7.14459376	-34.88468028	14	-1.057018	0.8640272	-1.3933365	0.9160168	0.455938	0.328534293	-0.8516361	0.80203959
69	Santos, F.J.M.; Luz, V.L.F.; Área de Proteção Ambiental Meandros do	-13.145343	-50.691503	13	-0.819004	0.7828434	1.6988354	0.0407918	-0.4019156	0.656668666	-1.0511085	0.84543091
70	Silva Jr., N.J.; Cintra, C.E.UHE Ponte de Pedra, Itiquira, Mato Grosso	-17.607858	-54.831062	30	-0.285414	0.5696861	0.9159328	0.1889622	-1.5847848	0.949010198	-1.8769591	0.96660668
71	Silva, U.G. 2008. Diversid Mata do Engenho Coimbra, Ibatiguara, Al	9.0001354	-35.853003	23	-1.003186	0.8496301	0.1002787	0.464907	-0.1163321	0.541691662	-1.5525098	0.93561288
72	Souza-Filho, G.A.; Plomb Complexo Energético Fundão-Santa Clara,	-25.635304	-51.962145	6	-1.191991	0.9242152	-2.0929495	0.9724055	-1.8689934	0.972605479	-2.5432392	0.99080184
73	Souza-Filho, G.A.; Verras Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio G	-30.374514	-51.077466	8	-0.772901	0.7660468	-2.4067773	0.9940012	-0.4929306	0.678264347	-0.3593533	0.65366927
74	Souza, F.L.; Uetanabaro, Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brazil	-21.829441	-57.751581	11	-1.422269	0.9840072	0.8163454	0.2125575	-0.9636607	0.825234953	0.2490779	0.4155169
75	Tonini, J.F.R.; Carão, L.M. Reserva Biológica de Duas Bocas, Alto Ale	-20.281111	-40.521944	14	-0.824269	0.8026395	-1.1540211	0.8692262	-0.8643522	0.799840032	-1.1712277	0.87142571
76	Turci, L.C.B.; Bernarde, P.; Escola Família Agrícola Padre Ezequiel Raf	-11.466492	-61.330285	14	-0.114573	0.4853029	0.0259904	0.5030994	0.8436611	0.204959008	-0.6358799	0.73625275
77	Vrcibradic,D.; Rocha, C.F. Estação Ecológica Estadual do Paraíso, ent	-22.466783	-42.927825	7	-0.164605	0.5032993	-0.3246935	0.6294741	0.110584	0.460907818	-0.1552792	0.57828434
78	Werneck, F.P.; Colli, G.R.; Fazenda Flor do Ermo, São Domingos, Goi	-13.657222	-46.752500	16	-0.575305	0.7634473	0.1952084	0.4331134	-0.0845048	0.524495101	-1.44473528	0.92041592
79	Araújo, C.O.; Condez, T.H. Parque Estadual Turístico do Alto do Ribe	-24.391723	-48.596294	6	-1.338533	0.9628074	-2.1429712	0.9810038	-1.9115027	0.974405119	-1.9985054	0.97260548
80	Costa, T.B.; Laranjeiras, Estação Ecológica de Aiuaba, Ceará, Brazil	-6.684116	-40.224372	17	-1.263549	0.9294141	-0.4226379	0.6658668	-0.9753087	0.829034193	-2.0244396	0.97340532
81	Metral M F - Marsh A - Reserva Florestal Santa Cruz Inuitos Peru	-3.5714	-73.1803	22	0.3404117	0.3315337	1.1468198	0.1305739	3.4115808	0.00059988	1.8827658	0.011976024

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
81	Metcalfe, M.F.; Marsh, A.; Reserva Florestal Santa Cruz, Iquitos, Peru	-3.5214	-73.1803		22	0.3404117	0.3315337	1.1468198	0.1305739	3.4115808	0.00059988	1.8827658	0.01979604
82	Queissada, Ingrid Caroli RPPN Dubinha Guimarães, Campo Alegre, f-9.75888888	-36.23583333			17	-0.986703	0.8422316	-0.8350371	0.7886423	-0.4496995	0.659868026	-1.7896729	0.95440912
83	Schult, B.O.R.; Bardales, Bosque de Varillal del Centro de Investiga	3.82741975	-73.374289		15	1.5534882	0.0775845	0.8462361	0.2109578	2.9571552	0.00219956	1.9234778	0.02039592
84	Passos, D.C.; Mesquita, f Fazenda Experimental Vale do Curu, Pente	-3.81795633	-39.3368648		17	-1.292817	0.93361133	-0.7023689	0.7516485	-0.5717582	0.701659668	-1.2473308	0.8860228
85	Cavalcanti, L.B.Q.; Costa, Parque Nacional da Serra da Capivara, São	8.726603	-42.525156		17	0.0633491	0.4165167	0.4909173	0.3311338	0.2354062	0.398320336	-1.6043465	0.93921216
86	Barbosa, V.N.; Amaral, J.J. Fazenda Boa Vista, Taquaritinga do Norte,	-7.81931163	-36.214667		13	-0.745901	0.760048	0.4419978	0.344931	-0.5893542	0.709858028	-1.1817749	0.87462507
87	Calixto, P.O.; Morato, S.A. João Câmara, Rio Grande do Norte, Brazil	-5.427000	-35.911000		14	-1.078676	0.8792242	-0.2541945	0.6064787	-0.6375375	0.726254749	-0.9460214	0.82143571
88	Leite, A.K.; Oliveira, M.L.T. Upari Mineração LTDA, Nordestina, Bahia,	-10.9017806	-39.42203620		16	-1.469847	0.9626075	0.3139844	0.3911218	-1.6050274	0.947210558	-1.1782965	0.87582484
89	Castro, D.P.; Mângia S.; N Parque Nacional de Ubajajara, Ceará, Brazil	-3.839873	-40.894518		18	-0.984124	0.840032	-1.3501242	0.9074185	-0.6158263	0.724455109	-1.8594698	0.9580084
90	Oliveira, C.R.; Araújo, K.C. Farias Brito, Ceará, Brazil	-6.86479934	-39.5351391		20	-1.877348	0.9966007	0.937727	0.1771646	-1.5140951	0.934813037	-2.2854566	0.98360328
91	Oliveira, R.F.; Vieira, L.R. Caetés, Planalto da Borborema, Pernambuco	-8.752197	-36.650247		23	-1.926919	0.9944011	1.5044149	0.0639872	-1.7153087	0.958808238	-3.301228	0.99960008
92	Vaz-Silva, W.; Guedes, A. UHE Espora, Apore, Goiás, Brazil	-18.663029	-51.857615		22	0.0264692	0.4425115	1.5942383	0.05019	-0.8760815	0.807838432	0.316073	0.3895221
93	Barros, A.B. 2011. Herpet Serra da Canastra, Minas Gerais, Brazil	-20.249526	-46.449558		13	-1.042837	0.870026	-1.4060556	0.9166167	-1.2760285	0.895820836	-2.8993782	0.99740052
94	Ramallo, Werther P., Ra Parque Estadual da Serra de Caldas Novas	-17.768988	-48.657881		13	1.6298796	0.0683863	2.3815473	0.0071986	1.4253107	0.079784043	1.0412214	0.15616877
95	Freitas, M.A.; Vieira, S.R. Reserva Biológica Gurupi, Bom Jardim, Ma	-3.985000	-46.790278		20	-0.590535	0.6930614	-2.2916605	0.9878024	0.0743066	0.470105979	-2.221503	0.98380324
96	Fonseca, W.L.; Silva, J.D.; Porto Walter, Acre, Brazil	-8.309377	-72.847528		26	0.8502751	0.1863627	-0.9794506	0.8318336	1.8447295	0.032793441	0.2798056	0.40291942
97	Freitas, M.A.; Venâncio, Estação Ecológica Rio Acre, Assis Brasil, Ac	-11.0436	-70.1843		24	-0.40627	0.4691062	-0.0585186	0.5330934	2.0196161	0.024195161	0.8654909	0.19756049
98	Conceição, M.S. 2013. Cor São Vicente do Sul, Rio Grande do Sul, Bra	-29.779517	-54.745843		5	0.0137367	0.4291142	-0.8206863	0.7974051	-1.0279192	0.837232553	-0.5331669	0.70485903
99	Bernarde, P.S.; Albuquerque Floresta do Rio Moa, Cruzeiro do Sul, Acre,	-7.639603	-72.794705		17	0.3482922	0.3231354	-0.6536047	0.7420516	1.4337395	0.074585083	0.3769481	0.36732653
100	Núñez, K. 2012. La herpet Reserva Kanguery, Alto Verá, Departament	-26.510237	-55.787466		6	-0.552651	0.6694661	-1.6745415	0.9546091	-0.9903512	0.826834633	0.0612517	0.49730054
101	Cacciali, P.; Bauer, F.; Ma Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Co	24.130421	-55.401089		12	0.3789413	0.3073385	1.4673411	0.0655869	-0.6081563	0.712857429	0.3185119	0.3932134
102	Zaracho, V.H.; Ingarano, Reserva Natural Isla Apipé Grande, Ituzair	-27.480691	-56.951043		11	0.0909831	0.4107179	-0.0159783	0.5089892	-0.1971639	0.569086183	0.7791687	0.22875425
103	Pérez-Iglesias, J.M.; Jofré Caburé Sur e Parque Provincial Copo, Depa	-25.804577	-62.135732		13	3.0715365	0.0071986	0.8729321	0.1989602	1.183686	0.121775645	0.4484304	0.33853229
104	Pesci, G.P.; Sánchez, J.M.; Pirané, Formosa, Argentina	-26.037778	-59.157222		8	-0.675156	0.7336533	-0.9081332	0.8116377	-1.9785541	0.980803839	-0.3266561	0.64127175
105	Céspedes, J.A.; Lions, M.I. Parque Nacional Chaco, Provincia de Chaco	-26.794590	-59.621829		9	-0.112989	0.4657069	1.4087676	0.0773845	-0.9000121	0.804639072	-1.5291051	0.9290142
106	Uetanabaro, M.; Souza, f Parque Nacional da Serra da Bodoquena, f	-21.135004	-56.719394		16	-1.405952	0.9544091	-0.469414	0.6784643	0.1443609	0.437712458	-0.8778617	0.80943811
107	Cortez-Fernandez, C. 2001 Parque Nacional y Area Natural de Manejo	-13.582940	-68.666100		14	0.0327197	0.4319136	-0.0278086	0.5072985	1.7888359	0.040391922	0.5403605	0.30993801
108	Gonzales, L. 1998. La her Cerro Colorado, provincia Cordillera, depar	-19.481796	-62.359171		9	-0.284027	0.5538892	1.9351542	0.0239952	0.3718324	0.357928414	-0.4016989	0.66766647
109	Gonzales, L. 1998. La her La Madre, provincia Cordillera, departame	-18.873742	-62.358062		12	0.0731568	0.4105179	1.1616692	0.1255749	0.1099099	0.448310338	0.1742587	0.44871026
110	Gonzales, L. 1998. La her Cupesi, provincia Cordillera, departament	-18.477909	-62.081120		10	-0.200083	0.5234953	0.8826864	0.189762	-1.2085254	0.883223355	-1.0758173	0.85402919
111	Pinto-Viveros, M.A.; Man Cerro Mutún, Puerto Suárez, Departamento	-19.204239	-57.882214		10	-0.096756	0.4741052	1.3243354	0.0923815	0.1669712	0.431313737	0.7527597	0.23695261
112	Schalk, C.M.; Senzano, M. Yande Yari, Parque Nacional Kaa-lya del G	-18.691667	-62.301944		5	-1.328829	0.9794041	-1.720532	0.9776045	-0.8811626	0.788842232	-1.7236815	0.95240952
113	Castro-Pastene, C.; Carra, Parque Nacional Radal Las Siere Tazas, M	-35.466667	-70.966667		9	10.419156	0.0002	3.9105302	0.0002	0.0518093	0.473505299	0.6357304	0.27644473
114	Moreno, R.; Moreno, J.; O Parque Nacional Llanos de Challe, Desiert	-28.180828	-71.081823		6	1.3166372	0.0969806	0.3795508	0.3589282	0.1321444	0.454709058	-0.5210072	0.70585883
115	Rubio, A.V.; Simonetti, J.J. Reserva Nacional Los Queules, Cordillera	-35.950155	-72.617105		5	7.1305122	0.0002	3.3733187	0.0002	0.5642732	0.299940012	0.0892628	0.49030194
116	Rivera, C.; vonMay, R. Agi Estación Biológica Allpahuayo y Estación E	-3.969167	-73.419444		15	-0.344927	0.5890822	0.2351978	0.2371773	2.5917636	0.00359928	0.8838486	0.20075985
117	Doan, T.M.; Arriaga, W.A. EcoAmazonia, Provincia Tambopata, Depart	-12.528499	-68.932212		22	0.6845697	0.2309538	0.7681399	0.3295334	2.8775713	0.00339932	0.9418385	0.17436513
118	Doan, T.M.; Arriaga, W.A. Cusco Amazônico, Provincia Tambopata, Dej	-12.540722	-69.059434		20	0.4548558	0.2927415	1.2431915	0.1105779	2.3546656	0.01039792	0.3960852	0.36252749
119	Doan, T.M.; Arriaga, W.A. Explorer's Inn, Provincia Tambopata, Depart	-12.837944	-69.295266		18	-0.495397	0.6474705	-0.3305558	0.6276745	1.5814297	0.062387522	0.2126343	0.4295141
120	Doan, T.M.; Arriaga, W.A. Centro Sachavacayoc, Provincia Tambopata,	-12.853615	-69.367003		17	1.3162691	0.1063787	0.2089329	0.4309138	2.3316756	0.01019796	0.5938394	0.28974205
121	Doan, T.M.; Arriaga, W.A. Centro de Pesquisas Tambopata, Provincia	-13.147666	-69.616652		16	-0.335454	0.584883	-0.0785746	0.5316937	1.7003266	0.049390122	0.0333992	0.50169966
122	Aquino, L.P.A. 1988. Herp Reserva Nacional San Fernando, Ica e Nas	-15.116667	-75.333333		7	2.8655567	0.014797	3.0765915	0.0013997	-0.080582	0.526894621	-0.2318576	0.61087782

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Dados dos locais + estrutura das comunidades (testado com o pool de espécies de cada bioma)												
2													
3	Referência	Localidade	Latitude	Longitude	Riqueza	NRI	p_NRI	NTI	p_NTI	trait_NRI	p_trait_NRI	trait_NTI	p_trait_NTI
4	Larreal, J. T.; Rivas, G.A.; Porti Maracaibo, Zulia, Venezuela	10.588453	-71.709469	9	-0.23193	0.53909	0.24112	0.41232	0.812239	0.2191562	1.4095809	0.075185	
5	Aquino, L.P.A. 2018. Herpetofauna Reserva Nacional San Fernando, I-15.116667	-75.333333	7	4.29123	0.0022	3.20879	0.0006	0.323455	0.395121	0.4573206	0.3411318		
6	Blanco-Torres, A.; Baéz, L.; Pa Carbones del Cerrejón Ltd, Valle n11.091667	-72.649722	19	-0.98038	0.84703	-1.59293	0.94801	-0.92675	0.8112378	-0.2885109	0.6104779		
7	Montes-Correa, A.; Jiménez-B Universidad del Magdalena, Sant11.221667	-74.185556	14	1.04877	0.13977	1.0022	0.15997	1.199154	0.1241752	1.7154151	0.0403919		
8	Rueda-Solano, L.A.; Castellari Parque Nacional Natural Tayrona, 11.2940861	-74.066353	16	-0.58145	0.69506	-1.21202	0.88082	1.515688	0.0683863	2.0798588	0.0175965		
9													
10													
11													
12	Freire, E.M.X. 1996. Estudo ec Restinga de Ponta de Campina, Cx-7.029256	-34.838188	11	-1.09243	0.90602	-0.35949	0.63667	-0.38387	0.6442711	-1.130721	0.864827		
13	Pinto-Erazo, M.A.; Espinosa, N Tumaco, Nariño, Colombia	1.678333	17	3.40558	0.0052	-0.69143	0.74325	-0.73141	0.7574485	-0.845631	0.7974405		
14	Pinto-Erazo, M.A.; Espinosa, N Francisco Pizarro, Nariño, Colomb	2.031667	10	-0.29144	0.54409	0.716	0.24335	0.355901	0.3517297	-0.2772878	0.6160768		
15	Pulido, J.A.B.; Escobar, P.C.; R Parques Iitorales Laguna de los P	10.428551	11	-0.55407	0.69146	0.99932	0.15757	-1.99747	0.9812038	-2.4586685	0.9904019		
16													
17													
18													
19	Arzabe, C.; Skuk, G.; Santana, Fazenda Cachoeira de Capivara, C-6.6833333	-35.749722	14	0.32269	0.31714	0.17088	0.43971	0.820694	0.2095581	-0.3623693	0.6536693		
20	Arzabe, C.; Skuk, G.; Santana, Parque Estadual da Pedra da Boca	-6.4536111	17	-0.76515	0.76305	-2.47819	0.9922	0.362645	0.3435313	-1.504165	0.9316137		
21	Borges-Leite, M.J.; Mota Rodri São Gonçalo do Amarante, Ceará,	-3.515250	15	-0.56433	0.67646	-1.72582	0.95041	0.424501	0.3233353	-0.8746957	0.8088382		
22	Borges-Nojosa, D.M.; Gascon, RPPN Serra das Almas, Crateús, Ce-5.146617	-40.929037	20	-0.40546	0.61008	-1.96722	0.96981	0.633828	0.2509498	-1.0108157	0.8390322		
23	Caldas, F.L.S.; Costa, T.B.; Lara Estação Ecológica do Seridó, Serr	-6.582933	13	-0.29783	0.55769	-0.11446	0.55349	-0.03289	0.4929014	-1.8720396	0.965007		
24	Dal Vecchio, F.; Teixeira Jr., M. Parque Nacional da Serra das Cor	-8.9856986	24	-0.1707	0.5145	-0.11525	0.55369	-0.01376	0.4841032	1.1308787	0.130174		
25	Garda, A.A.; Costa, T.B.; Santo Estação Ecológica Raso da Catarin	-9.731575	21	-0.95587	0.83563	-0.57921	0.72965	-0.26915	0.5880824	-2.9230509	0.9978004		
26	Magalhães, F.M.; Laranjeiras Parque Nacional da Chapada Diai	-12.535	18	0.10412	0.40272	-0.40976	0.66547	-1.04418	0.8546291	-1.2544932	0.8916217		
27	Pedrosa, I.M.M.C.; Costa, T.B.; Parque Nacional do Catimbau, Pe	-8.586455	25	-1.27668	0.93221	-1.14338	0.87023	0.319081	0.3605279	-0.4551339	0.670066		
28	Pereira, E.N.; Teles, M.J.L.; São Floresta Nacional de Negreiros, S-7.9786111	-39.459722	15	-0.09101	0.47091	-0.09312	0.54989	0.049879	0.4637073	-1.0761691	0.8578284		
29	Costa, T.B.; Laranjeiras, D.O.; Estação Ecológica de Aiubaba, Cea	-6.684116	17	-0.67258	0.72406	-1.24743	0.88342	0.348801	0.3507299	-1.2032012	0.8858228		
30	Passos, D.C.; Mesquita, P.C.M Fazenda Experimental Vale do Cu	-3.8179563	17	-0.70289	0.73385	-1.56202	0.93261	0.869599	0.1917616	-0.3694648	0.6512697		
31	Cavalcanti, L.B.O.; Costa, T.B.; Parque Nacional da Serra da Capi	-8.726603	17	1.04117	0.13957	-0.3246	0.63187	1.921954	0.0367926	-0.7276998	0.7664467		
32	Barbosa, V.N.; Amaral, J.M.S.; Fazenda Boa Vista, Taquaritinga	-7.8193116	13	-0.17163	0.5017	-0.03169	0.5153	0.628403	0.2539492	-0.3807284	0.6618676		
33	Calixto, P.O.; Morato, S.A.A. 20 João Câmara, Rio Grande do Nort	-5.427000	14	-0.55946	0.67586	-0.80417	0.78264	0.593173	0.270146	-0.1271659	0.5660868		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
33	Calixto, P.O.; Morato, S.A.A. 20 João Câmara, Rio Grande do Norte		-5.427000	-35.911000	14	-0.55946	0,67586	-0,80417	0,78264	0,593173	0,270146	-0,1271659	0,5660868
34	Leite, A.K.; Oliveira, M.L.T.; Di Lipari Mineração LTDA, Nordestin		-10.901780	-39.422036	16	-0,95001	0,83543	-0,43047	0,66427	-0,50796	0,6830634	-0,2589905	0,6138772
35	Oliveira, C.R.; Araújo, K.C.; Olii Farias Brito, Ceará, Brazil		-6.8647993	-39.535139	18	-1,47024	0,3758	0,07244	0,4869	-0,26936	0,5954809	-1,5048506	0,9308138
36	Oliveira, R.F.; Vieira, L.R.; Viel Caetés, Planalto da Borborema, P		-8.752197	-36.650247	23	-1,4089	0,95901	0,4576	0,33413	-0,33571	0,6086783	-2,5144332	0,9920016
37	Pinto-Viveros, M.A.; Mano-Cui Cerro Mutún, Puerto Suárez, Depa		-19.204239	-57.882214	10	0,48859	0,26575	1,02048	0,15877	1,315159	0,1033793	1,5382691	0,0593881
38	Miranda, A.F.J.; Santos, E.M. 2 Fazenda Saco, Serra Talhada, Per		-7.970889	-38.308327	17	-1,06466	0,87522	1,4533	0,06759	-0,73631	0,7604479	-2,4452938	0,9896021
39	Amorim, F.O.; Roberto, J.J.; Sa Barra Bonita, Lagoa Grande, Pern		-8.796538	-40.156921	12	0,81537	0,18416	1,20661	0,11958	0,602182	0,2671466	0,5462286	0,3059388
40	Amorim, F.O.; Roberto, J.J.; Sa Brígida, Orocó, Pernambuco, Brasi		-8.504182	-39.596231	13	0,50924	0,25835	0,36449	0,36533	0,266947	0,3781244	0,0589068	0,4913017
41	Amorim, F.O.; Roberto, J.J.; Sa Ilha de Assunção, Cabrobó, Perna		-8.5484689	-39.350584	14	0,08721	0,39432	-0,02615	0,5165	0,036157	0,4689062	-0,1560176	0,5828834
42													
43													
44													
45	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed, ESEC Grão-Pará Centro, Óbidos, PA		0.6306222C	-55.728019	15	1,40603	0,08758	0,35083	0,37233	2,316859	0,0143971	0,3457783	0,3685263
46	Cintra, C.E.D.; Silva, H.L.R.; Silh Estação Hidrelétrica Santa Edwig		-14.308446	-46.194018	16	-0,85801	0,78804	-0,09794	0,54109	-0,55465	0,6954609	-0,9329371	0,8216357
47	Dal Vecchio, F.; Recoder, R.S.; Estação Ecológica de Urucui-Uma		-8.862650	-45.214138	23	-0,8322	0,79564	-0,01335	0,5101	-0,75391	0,7694461	-0,6051007	0,7242551
48	Guerreiro, A.; Baldoni, J.C.; Br Parque Nacional de Sierra de las		-32.567062	-66.994105	11	-0,38713	0,59868	0,82538	0,20536	1,364619	0,0941812	0,579664	0,2923415
49	Morais, A.R.; Bastos, R.P.; Vie Floresta Nacional de Silvânia, Sil		-16.634520	-48.600997	14	0,69739	0,23055	1,04357	0,15157	1,15997	0,124975	-0,1136425	0,5522895
50	Pavan, D. 2007. Assembléias: Paranã, Tocantins, Brazil		-12.614292	-47.898175	13	-0,71851	0,73645	0,41086	0,35673	0,479748	0,3089382	-0,384628	0,6524695
51	Pavan, D. 2007. Assembléias: São Salvador, Tocantins, Brazil		-12.483249	-48.258172	15	0,61569	0,24775	1,80629	0,02939	0,949004	0,1759648	-0,0009136	0,5086983
52	Pavan, D. 2007. Assembléias: Peixe, Tocantins, Brazil		-12.260128	-48.410116	14	-0,4502	0,63407	1,87421	0,02659	1,235533	0,1143771	0,0825284	0,4673065
53	Pavan, D. 2007. Assembléias: Guaraí, Tocantins, Brazil		-8.619040	-48.329289	16	0,16518	0,39412	0,10125	0,46551	0,47026	0,3097381	-0,6139758	0,7322535
54	Pavan, D. 2007. Assembléias: Palmeirante, Tocantins, Brazil		-7.878766	-47.919293	17	-0,45549	0,64187	-0,22488	0,59188	-0,54533	0,6942611	-1,4958393	0,9288142
55	Pavan, D. 2007. Assembléias: Carolina, Maranhão, Brazil		-7.2571032	-47.513462	22	-1,79771	0,9852	0,42508	0,34773	-0,73216	0,7588482	-0,3600509	0,6302739
56	Pavan, D. 2007. Assembléias: Babaçulândia, Tocantins, Brazil		-7.205577	-47.786195	16	-0,45538	0,63727	1,17374	0,12438	0,536972	0,2927415	-0,7590548	0,779844
57	Pavan, D. 2007. Assembléias: Estreito, Maranhão, Brazil		-6.7293289	-47.454574	23	-1,73602	0,9826	-0,14171	0,55249	-0,40336	0,6436713	-0,9283501	0,8190362
58	Pellegrin, N.; Leynaud, G.C. 20 Reserva Provincial de Chancani, C		-31.334018	-65.454935	13	0,24817	0,36113	-1,36409	0,90842	0,424289	0,3239352	-1,0248276	0,8476305
59	Recoder, R.S.; Nogueira, C. 20 Parque Nacional Grande Sertão V		-15.382884	-45.89957	19	0,10165	0,15777	0,22186	0,41532	0,950984	0,1713657	0,069928	0,4727055
60	Recoder, R.S.; Teixeira Jr., M.; Estação Ecológica Serra Geral do		-11.220410	-46.885129	25	-1,3069	0,91842	0,48226	0,32953	0,464219	0,3137373	0,4177934	0,3407319
61	Recoder, R.S.; Teixeira Jr., M.; Estação Ecológica Serra Geral do		-10.660690	-46.158747	15	-1,18987	0,90282	0,04698	0,4897	0,911106	0,1777644	1,2486031	0,1107778
62	Santos, F.J.M.; Luz, V.L.F.; Penz Área de Proteção Ambiental Mear		-13.145343	-50.691503	13	-0,68146	0,72625	1,44161	0,07239	0,195887	0,4075185	-0,94852	0,8258348
63	Silva Jr., N.J.; Cintra, C.E.D.; Sil UHE Ponte de Pedra, Itiquira, Mat		-17.607858	-54.831062	30	0,13037	0,42472	0,36165	0,36673	-0,70268	0,7538492	-1,5291752	0,9414117
64	Souza-Filho, G.A.; Verrastro, L Parque Estadual de Itapuã, Viamã		-30.374514	-51.027466	8	-0,67144	0,72106	-2,25507	0,9896	-0,03159	0,4985003	-0,1889643	0,5844831
65	Souza, F.L.; Uetanabaro, M.; L Porto Murtinho, Mato Grosso do S		-21.829441	-57.751581	14	-1,3456	0,94041	0,62191	0,27195	-0,37976	0,6354729	0,3389996	0,3757249

Correlação de Pearson de NRI e NTI
r = 0.3042 p = 0.158

Correlação de Pearson de NRI e NTI
r = 0.490903 p = 0.01738

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
64	Souza-Filho, G.A.; Verrastro, I	Parque Estadual de Itapuaçu, Viamã	-30.374514	-51.027466	8	-0,67144	0,72106	-2,25307	0,9896	-0,03159	0,4985003	-0,1889643	0,5844831
65	Souza, F.L.; Uetanabaro, M.; L	Porto Murtinho, Mato Grosso do S	-21.829441	-57.751581	14	-1,3456	0,94041	0,62191	0,27195	-0,37976	0,6354729	0,3389996	0,3757249
66	Werneck, F.P.; Colli, G.R.; Vitt	Fazenda Flor do Ermo, São Domin	-13.657222	-46.752500	16	-0,58142	0,69766	-0,0993	0,54509	0,574549	0,2735453	-1,2509827	0,8876225
67	Vaz-Silva, W.; Guedes, A.G.; A	UHE Espora, Aporé, Goiás, Brazil	-18.663029	-51.857615	22	0,37354	0,32094	1,22731	0,11178	-0,06465	0,509898	0,4774494	0,3215357
68	Barros, A.B. 2011. Herpetofau	Serra da Canastra, Minas Gerais,	-20.249526	-46.449558	13	-0,91643	0,82444	-1,50996	0,92641	-0,7194	0,7480504	-2,6960861	0,9960008
69	Ramalho, Werther P., Rafael	Parque Estadual da Serra de Cald	-17.768988	-48.657881	13	2,05598	0,03619	2,04867	0,0178	2,123092	0,0225955	1,1292183	0,1315737
70	Conceição, M.S. 2013. Compos	São Vicente do Sul, Rio Grande do	-29.779517	-54.745843	5	0,13912	0,40892	-0,68945	0,74625	-0,6973	0,7388522	-0,332203	0,6420716
71	Zaracho, V.H.; Ingaramo, M.R.	Reserva Natural Isla Apipé Grand	-27.480691	-56.951043	11	0,31771	0,32693	-0,10507	0,54669	0,376277	0,3347331	0,8778116	0,1939612
72	Pérez-Iglesias, J.M.; Jofré, L.	É Caburé Sur e Parque Provincial Co	-25.804577	-62.135732	13	3,57298	0,0036	0,676	0,25575	1,925721	0,035193	0,5604174	0,2929414
73	Pesci, G.P.; Sánchez, J.M.; Leã	Pirané, Formosa, Argentina	-26.037778	-59.157222	8	-0,57898	0,69346	-0,80811	0,78524	-1,63718	0,9594081	-0,1764893	0,5794841
74	Céspedes, J.A.; Lions, M.L.; Á	Parque Nacional Chaco, Provincia	-26.794590	-59.621829	9	0,03552	0,42631	1,29418	0,09818	-0,46923	0,6654669	-1,3957404	0,9154169
75	Uetanabaro, M.; Souza, F.L.; F	Parque Nacional da Serra da Bod	-21.135004	-56.719394	16	-1,30225	0,92621	-0,72119	0,75985	0,881647	0,1953609	-0,7248052	0,7688462
76	Gonzales, L. 1998. La herpeto	Cerro Colorado, provincia Cordille	-19.481796	-62.359171	9	-0,16521	0,5135	1,75704	0,03959	0,896852	0,1881624	-0,2727431	0,6180764
77	Gonzales, L. 1998. La herpeto	La Madre, provincia Cordillera, de	-18.873742	-62.358062	12	0,28599	0,35473	1,00307	0,16257	0,687698	0,2443511	0,2844257	0,3967207
78	Gonzales, L. 1998. La herpeto	Cupesí, provincia Cordillera, depa	-18.477909	-62.081120	10	0,01217	0,44551	0,75439	0,22515	-0,80082	0,7790442	-0,9418684	0,8256349
79	Schalk, C.M.; Senzano, M.; Cue	Yande Yari, Parque Nacional Kaa-	-18.691667	-62.301944	5	-1,32192	0,96001	-1,57226	0,97021	-0,54554	0,6926615	-1,5428261	0,930014
80	Villamil, J. 2014. Lista sistem	La Colorada, Montevideo, Uruguai	-34.850278	-56.365556	6	-1,15643	0,90742	-2,04992	0,984	-1,31221	0,9034193	-0,7599561	0,7778444
81	Prigioni, C.; Borteiro, C.; Koler	Reserva Natural Quebrada de los	-32.909677	-54.452335	8	0,33595	0,32354	-0,14116	0,56629	-0,46029	0,6672665	0,5982382	0,2895421
82	Barreto, L.; Arzabe, C.; Lima, Y	Serra do Gado Bravo, Balsas, Mari	-7.761762	-46.166909	14	0,0364	0,43311	0,46371	0,32813	-0,12347	0,525095	-1,2627497	0,890022
83							Correlação de Pearson de NRI e NTI		Correlação de Pearson de NRI e NTI				
84							r = 0.3610 p = 0.02596		r = 0.536003 p = 0.0005236				
85													
86	Almeida-Gomes, M. & Rocha,	Reserva Ecológica de Guapiacu,	-22.45324	-42.770274	8	-1,11515	0,91982	-0,55207	0,70906	-1,10909	0,8588282	-1,715908	0,9430114
87	Almeida-Gomes, M.; Vrcibrad	Morro São João, Casimiro de Abre	-22.55	-42.016666	6	-0,52447	0,66007	-0,08313	0,53069	0,044716	0,4877025	-0,060097	0,5384923
88	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed	FLOTA Faro, Faro, PA, Brasil	-1.7135329	-57.212810	19	0,01473	0,42571	0,25619	0,40472	0,895396	0,1837632	0,8122962	0,2153569
89	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed	FLOTA Trombetas, Óbidos, PA, Bra	-0.9624177	-55.521820	16	-0,46713	0,63307	0,78094	0,22755	1,267278	0,1029794	1,0386098	0,1541692
90	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed	REBIO Maicuru, Almeirim, PA, Bras	0.8289596	-53.930731	21	0,0903	0,40652	-0,33938	0,62927	1,459164	0,0739852	0,4664809	0,3317337
91	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed	FLOTA Paru, Almeirim, PA, Brasil	-0.9436175	-53.235836	17	1,26423	0,10518	0,49023	0,32354	1,423079	0,0789842	0,2328922	0,4193161
92	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed	ESEC Grão-Pará Norte, Oriximiná,	1.2857574	-58.695401	24	1,01462	0,15417	0,36714	0,36553	2,067311	0,0187962	0,7632436	0,2313537
93	Ávila-Pires, T.C.S.; Hoogmoed	ESEC Grão-Pará Sul, Alenquer, PA,	-0.1651421	-55.185923	14	-0,6199	0,70186	0,43286	0,34173	-0,02046	0,5162967	0,5093812	0,3195361
94	Ávila, R.W.; Kawashita-Ribeir	Planta da Hidrelétrica de São Joã	-10.428333	-57.634444	12	-0,36418	0,58828	1,60099	0,04899	1,331188	0,0959808	0,1029875	0,4787043
95	Bernarde, P.S.; Machado, R.A.	Igarapé Esperança, Reserva Extrat	-7.9551842	-72.076374	30	0,13551	0,40312	-0,62727	0,73145	0,928779	0,180164	-0,6170283	0,7290542
96	Bernardo, P.H.; Guerra-Fuente	Reserva Biológica do Tapirapé, Pe	-5.5032281	-50.278443	13	-0,84166	0,80244	0,38629	0,36233	0,74625	0,2329534	-0,0327864	0,5526935

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
97	Guerrero, A.C.; Rocha, P.L.B. 2012. Reserva Sapiranga, Mata de São João, 12.588156 -38.037765				18	-0.40014	0.60948	0.01883	0.5039	0.309478	0.3871226	-0.158646	0.5824835
98	Cisneros-Heredia, D.F. 2003. Estación de Biodiversidad Tiputín, 0.6177081 -76.171365				29	0.7365	0.21056	0.28898	0.39172	1.75748	0.0371926	-0.0083359	0.5184963
99	Condez, T.H.; Sawaya, R.J.; Dix Planalto Atlântico de São Paulo, 23.882845 -47.382873				7	1.65022	0.06379	1.97925	0.0198	0.258325	0.4057189	0.1373642	0.4705059
100	Couto-Ferreira, D.C.; Tinôco, M. Reserva Imbassai, Mata de São João, 12.478198 -37.957602				26	-1.44977	0.96061	1.25451	0.10818	-2.54818	0.9938012	-1.2139173	0.8840232
101	Duellman, W.E.; Mendelson, Departamento Loreto, Peru				26	-0.46033	0.63807	-0.25498	0.60448	1.797524	0.0377924	0.6798107	0.2529494
102	Forlani, M.C.; Bernardo, P.H.; Parque Estadual Carlos Botelho, 24.124402 -48.002721				9	-0.60597	0.69166	-0.74877	0.76825	-1.33492	0.9054189	-1.7351093	0.9508098
103	Freire, E.M.X. 1996. Estudo ecológico do Parque das Dunas de Natal, 5.820286 -35.188714				14	-1.57694	0.9864	-1.47014	0.92881	-0.76613	0.7738452	-1.3713014	0.9118176
104	Ilha, P.; Dixo, M. 2010. Anuran Rio Preto da Eva, Amazonas, Brazil, 2.902839 -59.297532				19	-0.29408	0.55649	-0.16637	0.57289	1.350086	0.0921816	0.5408458	0.2917417
105	Lima, J.D. 2008. A herpetofauna Exp. I, Rio Amapari, Parque Nacional, 1.6031124 -52.493985				21	1.56549	0.07678	-0.36916	0.64487	1.173583	0.1233753	-0.191292	0.5908818
106	Lima, J.D. 2008. A herpetofauna Exp. II, Rio Maponi, Parque Nacional, 2.1933333 -54.5875				24	0.14739	0.38172	-1.11856	0.86063	-0.16229	0.5576885	-0.2967102	0.6246751
107	Lima, J.D. 2008. A herpetofauna Exp. III, Rio Anotaie, Parque Nacional, 3.2161111 -52.101944				20	1.37228	0.09778	0.60862	0.27794	0.920575	0.1807638	-0.2460314	0.6066787
108	Lima, J.D. 2008. A herpetofauna Exp. IV, Rio Mutum, Parque Nacional, 1.3872222 -51.9275				21	1.12269	0.12977	-0.28894	0.62468	0.583759	0.2797441	-0.0119986	0.5152969
109	Lima, J.D. 2008. A herpetofauna Exp. V, Rio Anacui, Parque Nacional, 1.8447222 -52.741111				21	0.68365	0.22695	0.27304	0.39692	0.607266	0.274945	0.3112171	0.3925215
110	MacCulloch, R.D. and Reynold Paramakatoi e Kato, Guyana				9	0.70596	0.21476	0.81679	0.21216	0.856446	0.2071586	0.7426646	0.240152
111	Macedo, L.C.; Bernarde, P.S.; Fazenda Jaburi, Espigão do Oeste, -11.6 -60.7				29	0.64842	0.23715	-0.75798	0.77085	1.97707	0.0259948	0.1992692	0.4385123
112	Mendes-Pinto, T.J.; Souza, S.M. Floresta Nacional do Trairão, Pará, -4.5760194 -55.404075				23	1.84532	0.05259	0.38009	0.36433	1.906187	0.0283943	0.5415816	0.3009398
113	Moraes, L.F.P. 2008. Diversidade da herpetofauna do Viruá, Roraima, 1.77644682 -61.034487				17	-0.0785	0.4759	0.50751	0.31634	0.708659	0.2477504	-0.1548183	0.5758848
114	Moraes, L.F.P. 2008. Diversidade da herpetofauna ecológica de Maracá, Roraima, 3.666666 -61.792777				13	-0.26298	0.54569	1.37382	0.08218	0.299619	0.3915217	-0.3989262	0.659868
115	Oliveira, D.P.; Souza, S.M.; Fra São José do Jabote, Rio Jatapu, 1.9313888 -58.255833				20	0.5253	0.26435	0.00022	0.5075	0.223998	0.4187163	-0.9715784	0.830234
116	Oliveira, D.P.; Souza, S.M.; Fra São João do Lago da Velha, Rio Jari, -2.0252777 -58.19				15	0.79759	0.19156	0.21779	0.42052	0.680568	0.2537493	-0.0030824	0.520096
117	Pavan, D. 2007. Assembléias Petrolina de Goiás, Goiás, Brazil, -16.204725 -49.338763				6	-1.47079	0.9878	-2.25457	0.3875	-1.30504	0.30002	-1.900388	0.9616077
118	Pavan, D. 2007. Assembléias Aliança do Tocantins, Tocantins, -11.296749 -48.765749				16	-0.23719	0.53909	2.28351	0.0104	-0.59387	0.7180564	0.0435866	0.5044991
119	Prudente, A.L.C.; Magalhães, Projeto Juriti/Alcoa, Pará, Brazil, -2.5444444 -56.167222				24	-0.06084	0.46831	-0.72616	0.76385	2.649104	0.0027994	1.4203072	0.0719856
120	Salles, R.O.L.; Silva-Souares, T. Duque de Caxias, Rio de Janeiro, -22.578789 -43.233860				11	-1.55213	0.9878	-1.72573	0.95501	-1.96872	0.9766047	-1.7493634	0.9518096
121	Santana, G.G.; Vieira, W.L.S.; IAPP Mata do Burauinho, João Pessoa, -7.1445937 -34.864680				14	-1.00425	0.86663	-1.3049	0.90342	-0.07163	0.5272945	-0.9589846	0.8308338
122	Silva, U.G. 2008. Diversidade da herpetofauna do Engenho Coimbra, Ibaté, -9.0001354 -35.853003				23	-0.96658	0.84343	0.17077	0.43951	-0.90234	0.8146371	-1.5862787	0.9346131
123	Souza-Filho, G.A.; Plombon, L. Complexo Energético Fundão-São Paulo, -25.635304 -51.962145				6	-1.12754	0.91002	-2.11542	0.3798	-2.42465	0.9924015	-2.8194235	0.994801
124	Tonini, J.F.R.; Carão, L.M.; Pint. Reserva Biológica de Duas Bocas, -20.281111 -40.521944				11	-0.81854	0.79764	-1.06589	0.84823	-1.44979	0.9228154	-1.385007	0.9112178
125	Turci, L.C.B.; Bernarde, P.S. 2010. Escola Família Agrícola Padre Ezequiel, -11.466492 -61.330285				14	-0.12278	0.4787	0.10414	0.45971	0.327501	0.3739252	-0.6887774	0.7590482
126	Vicbradic, D.; Rocha, C.F.D.; Ki Estação Ecológica Estadual do Páris, -22.466783 -42.927825				7	-0.17836	0.5105	-0.34939	0.64987	-0.27364	0.6088782	-0.3302118	0.6404719
127	Araújo, C.O.; Condez, T.H.; Bon. Parque Estadual Turístico do Alto, -24.391723 -48.596294				6	-1.30776	0.96061	-2.20606	0.9837	-2.43617	0.9922016	-2.2380787	0.9834033
128	Metcalfe, M.F.; Marsh, A.; Páris. Reserva Florestal Santa Cruz, Iquitos, -3.5214 -73.1803				22	0.27027	0.33913	1.21478	0.11598	3.052075	0.0005999	2.1820824	0.0083983
129	Queissada, Ingrid Carolline S. RPPN Dubinha Guimarães, Campo, -9.7588888 -36.235833				17	-0.95487	0.84083	-0.72404	0.76485	-1.1643	0.875025	-1.8965285	0.9668066

Apêndice 2: Relação das 318 espécies distribuídas pela América do Sul usadas no presente estudo e seus traços funcionais.

Espécie	Massa (g)	Perna	Hábito	Substrato	Dieta	Modo Reprod	Ninhada
Acratosaura_mentalis	0.669353342	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.6
Alopoglossus_angulatus	0.786006274	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Alopoglossus_atriventris	0.568677600	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Alopoglossus_brevifrontalis	0.872944429	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Alopoglossus_buckleyi	0.747399530	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	2
Alopoglossus_copii	1.106003137	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Alopoglossus_festae	0.797166177	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Alopoglossus_gorgonae	1.069696378	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	NA	2
Alopoglossus_kugleri	0.619898773	four-legged	Diurnal	NA	NA	NA	2
Amapasaurus_tetradactylus	-0.300545616	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Ameiva_ameiva	2.475102006	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.3
Ameiva_bifrontata	1.806423005	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Ameiva_praesignis	2.672235510	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.7
Ameivula_abalosi	1.021779499	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Ameivula_confusioniba	1.102330271	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Ameivula_jalapensis	0.737261059	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Ameivula_mumbuca	0.760349756	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Ameivula_nigrigula	1.331744306	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Ameivula_ocellifera	1.719253675	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	2.6
Ameivula_pyrrhogularis	1.315602920	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Anisolepis_grilli	1.436672053	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	8.1
Anisolepis_longicauda	1.451766925	four-legged	NA	Arboreal	NA	Oviparous	NA
Anisolepis_undulatus	1.293362879	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	4
Anolis_auratus	0.591343681	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_bombiceps	0.924788565	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_brasiliensis	0.941936459	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_chloris	0.656870810	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_chrysolepis	0.924788565	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_festae	0.677986976	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_fuscoauratus	0.474059635	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_granuliceps	0.398146279	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_lyra	0.970569802	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_maculiventris	0.423955216	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_meridionalis	0.613561614	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.4
Anolis_ortonii	0.591343681	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_parvauritus	1.24	four-legged	Diurnal	Arboreal	NA	NA	1
Anolis_pentapirion	1.024384351	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_planiceps	0.958857222	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.44
Anolis_punctatus	1.202930083	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1.5
Anolis_scypheus	1.116773919	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_squamulatus	1.594515648	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_tandai	0.924788565	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_tigrinus	0.613561614	four-legged	Diurnal	Arboreal	NA	Oviparous	1
Anolis_trachyderma	0.677986976	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Anolis_transversalis	1.283641062	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1
Anotosaura_vanzolinia	0.431998954	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.87
Arthrosaura_kockii	0.542364194	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Arthrosaura_reticulata	0.934855067	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Aspronema_dorsivittatum	1.185249062	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Omnivorous	Viviparous	4.8
Aurivela_longicauda	0.991254904	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Bachia_bicolor	0.470257857	forelimbs only	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	2
Bachia_bresslaui	0.781169001	leg-reduced	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	2
Bachia_dorbignyi	0.497438447	leg-reduced	NA	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Bachia_flavescens	0.497438447	leg-reduced	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Bachia_guianensis	0.240969838	leg-reduced	NA	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Bachia_micromela	0.562523584	leg-reduced	Diurnal	Fossorial	NA	Oviparous	NA
Bachia_oxyrhina	0.170106970	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Bachia_panoplia	0.562523584	leg-reduced	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Bachia_peruana	0.809636698	leg-reduced	Diurnal	Fossorial&Ter	NA	Oviparous	NA
Bachia_remota	0.58	leg-reduced	Diurnal	Fossorial&Ter	NA	NA	NA
Bachia_scaea	0.338634952	leg-reduced	Diurnal	Fossorial&Ter	NA	Oviparous	2
Bachia_talpa	0.274521817	leg-reduced	NA	NA	NA	Oviparous	NA
Bachia_trisanale	0.157542309	Limbless	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Basiliscus_basiliscus	2.743519448	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Omnivorous	Oviparous	9.5
Basiliscus_galeritus	2.686025056	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Omnivorous	Oviparous	7
Brasiliscincus_agilis	1.275753811	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Viviparous	3.5

Brasiliscincus_heathi	1.216070894	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Viviparous	5
Callopiastes_maculatus	2.213323380	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	9
Calyptommatas_confusionibus	0.064864741	Limbless	Nocturnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Cercosaura_anordosquama	0.74	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Cercosaura_argulus	0.431998954	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.5
Cercosaura_bassleri	0.81	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	2
Cercosaura_eigenmanni	0.488243040	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Cercosaura_ocellata	0.808239903	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Cercosaura_oshaghnnessyi	0.46	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Cercosaura_schreibersii	0.568677600	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Chatogekko_amazonicus	-0.215616665	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Cnemidophorus_cryptus	1.029304063	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.9
Cnemidophorus_gramivagus	1.673464346	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.7
Cnemidophorus_lemniscatus	1.638073959	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Omnivorous	Oviparous	2.17
Coleodactylus_brachystoma	-0.313044194	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Coleodactylus_meridionalis	-0.215616665	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Coleodactylus_natalensis	-0.459686675	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Coleodactylus_septentrionalis	-0.088656109	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Colobodactylus_tauanayi	0.808239903	four-legged	NA	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Colobosaura_modesta	0.568677600	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Colobosauroides_carvalhoi	-0.043078130	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Colobosauroides_cearensis	0.312426360	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Contomastix_lacertoides	1.118582147	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	3.8
Contomastix_serrana	0.827338154	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	3
Copeoglossum_arajara	1.516745764	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Viviparous	4.8
Copeoglossum_nigropunctatum	1.504390294	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Viviparous	4.7
Crocodylus_amazonicus	3.044016432	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	5.67
Ctenoblepharys_adspersa	1.047823677	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Diploglossus_fasciatus	1.996962246	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	NA	NA
Diploglossus_lessonae	1.924112250	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	3.33
Diploglossus_monotropis	2.351885840	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	5.5
Dracaena_guianensis	3.385330341	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	2
Dryadosaura_nordostina	0.619898773	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Ecpleopus_gaudichaudii	0.222367331	four-legged	NA	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Enyalioides_cofanorum	1.926893219	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	3
Enyalioides_heterolepis	1.906627877	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4
Enyalioides_laticeps	2.088302572	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	6.2
Enyalioides_palpebralis	1.733064930	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	3
Enyalius_bibronii	1.539222580	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	7.2
Enyalius_brasiliensis	1.712568248	four-legged	Cathemera	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	11.5
Enyalius_catenatus	1.621771531	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	8
Enyalius_iheringii	1.798087406	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	14
Enyalius_leechii	1.687192841	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	12.3
Enyalius_perditus	1.374695016	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Omnivorous	Oviparous	7.1
Garthia_gaudichaudii	0.442328191	four-legged	Nocturnal	Saxicolous	Carnivorous	Oviparous	2
Glaucostomus_abaetensis	1.029304063	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.4
Glaucostomus_venetacauda	1.284904875	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Gonatodes_albogularis	0.434282102	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Gonatodes_annularis	0.609855078	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Carnivorous	Oviparous	2
Gonatodes_concinnatus	0.552311364	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Gonatodes_eladioi	-0.010467060	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	NA
Gonatodes_falconensis	0.764365600	four-legged	Cathemera	Saxicolous	Carnivorous	Oviparous	NA
Gonatodes_hasemani	0.379391932	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Gonatodes_humeralis	0.407129008	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Carnivorous	Oviparous	1
Gonatodes_riveroi	0.423489367	four-legged	Diurnal	NA	NA	Oviparous	NA
Gonatodes_vittatus	0.026918871	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Gymnodactylus_amarali	0.636372676	four-legged	Nocturnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	1.7
Gymnodactylus_darwini	0.711295441	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Gymnodactylus_geckoides	0.636372676	four-legged	Cathemera	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	1
Gymnophthalmus_leucomystax	0.312426360	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	NA
Gymnophthalmus_speciosus	0.280907720	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.8
Gymnophthalmus_underwoodi	0.248680737	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.9
Hemidactylus_agrius	0.782088623	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	NA
Hemidactylus_brasilianus	0.745185380	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.8
Hemidactylus_brookii	1.085497421	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Hemidactylus_frenatus	0.800122960	four-legged	Nocturnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	2
Hemidactylus_mabouia	1.154045265	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Sax	Carnivorous	Oviparous	1.7

Heterodactylus_imbricatus	1.562678646	four-legged	NA	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Holcosus_bridgesii	1.719253675	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Homonota_borellii	0.298469160	four-legged	Nocturnal	Saxicolous	Carnivorous	Oviparous	1
Homonota_darwini	0.643368120	four-legged	Nocturnal	Saxicolous	Carnivorous	Oviparous	1
Homonota_fasciata	0.754655432	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.5
Homonota_underwoodi	0.625335635	four-legged	Nocturnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Hoplocercus_spinosus	1.521716896	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4
Iguana_iguana	3.914907996	four-legged	Diurnal	Arboreal	Herbivorous	Oviparous	17
Iphisa_elegans	0.240969838	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Kentropyx_altamazonica	1.649974087	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	5.3
Kentropyx_calcarata	1.707951049	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	5.63
Kentropyx_paulensis	1.119986155	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	3.9
Kentropyx_pelviceps	1.827363825	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	5.5
Kentropyx_striata	1.795829572	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	5.3
Kentropyx_viridistriga	1.564383548	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	7.3
Leiosaurus_bellii	1.621771531	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	15
Leiosaurus_catamarcensis	1.749829406	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	10
Leiosaurus_paronae	1.621771531	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Lepidoblepharis_heyeroorum	0.026918871	four-legged	Cathemera	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Lepidoblepharis_hoogmoedi	0.132983346	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Lepidoblepharis_intermedius	-0.048969152	four-legged	Nocturnal	Terrestrial	NA	NA	NA
Lepidoblepharis_nukak	-0.20	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	1
Lepidoblepharis_ruthveni	0.379391932	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Lepidoblepharis_sanctaemartae	0.026918871	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Lepidodactylus_lugubris	0.472884284	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Omnivorous	Oviparous	2
Leposoma_annectans	0.038445436	four-legged	NA	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Leposoma_scincoideis	0.309305487	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Liolaemus_anomalus	1.447010005	four-legged	Diurnal	NA	Carnivorous	Oviparous	7.5
Liolaemus_arambarensis	0.828934422	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	2
Liolaemus_azarai	0.694675072	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Liolaemus_boulengeri	1.181816984	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.6
Liolaemus_buergeri	1.656365265	four-legged	Diurnal	Saxicolous	Herbivorous	Viviparous	NA
Liolaemus_chacoensis	0.711903249	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	6.1
Liolaemus_chiliensis	1.594372264	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	14.3
Liolaemus_cristiani	1.185261314	four-legged	Diurnal	Saxicolous	Omnivorous	Viviparous	NA
Liolaemus_curicensis	1.016915634	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Viviparous	NA
Liolaemus_cuyanensis	1.572626503	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	NA
Liolaemus_cyanogaster	1.055725928	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Viviparous	7.5
Liolaemus_darwini	1.016915634	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.9
Liolaemus_gracilis	0.784032011	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.7
Liolaemus_koslowskyi	1.249081500	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.2
Liolaemus_laurenti	1.092710897	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	NA
Liolaemus_lemniscatus	0.736618594	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.5
Liolaemus_melanops	1.502482197	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	7
Liolaemus_multimaculatus	1.079751306	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.2
Liolaemus_nigromaculatus	1.418391691	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Omnivorous	Oviparous	3.1
Liolaemus_nitidus	1.594372264	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Herbivorous	Oviparous	8
Liolaemus_olongasta	0.977353663	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	3.2
Liolaemus_platei	1.055347105	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	3
Liolaemus_pseudoanomalus	0.997280102	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	6.8
Liolaemus_riojanus	0.894557681	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.2
Liolaemus_schroederi	0.991333106	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Viviparous	NA
Liolaemus_septentrionalis	0.817679042	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Viviparous	4.2
Liolaemus_talampaya	1.305299057	four-legged	Diurnal	Saxicolous	NA	Viviparous	NA
Liolaemus_tenuis	0.928914580	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	4.1
Liolaemus_wiegmannii	0.957127568	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	4.6
Loxopholis_guianense	0.075695332	four-legged	Cathemera	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Loxopholis_osvaldoi	0.000202092	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	1.75
Loxopholis_parietalis	0.280907720	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Loxopholis_percarinatum	0.000202092	four-legged	Cathemera	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	1.8
Loxopholis_rugiceps	0.248680737	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2.17
Lygodactylus_klugei	-0.013374118	four-legged	Diurnal	Arboreal	Omnivorous	Oviparous	1.8
Lygodactylus_wetzelii	-0.224991403	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	NA
Manciola_guaporicola	1.304668998	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Viviparous	4.3
Marisora_falconensis	1.172728114	four-legged	NA	NA	NA	Viviparous	NA
Micrablepharus_atticolus	0.215712840	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.8
Micrablepharus_maximiliani	0.147412294	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1.5

Microlophus_atacamensis	1.807294877	four-legged	Diurnal	Saxicolous	Omnivorous	Oviparous	NA
Microlophus_peruvianus	1.950592903	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Omnivorous	Oviparous	3.5
Microlophus_theresiaie	1.633188614	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	3.4
Microlophus_thoracicus	1.480240008	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Omnivorous	Oviparous	2.5
Microlophus_tigris	1.610909466	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Omnivorous	Oviparous	3
Neusticurus_bicarinatus	1.651149715	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	2
Potamites_juruazensis	1.65	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Neusticurus_rudis	1.337268172	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	NA
Notomabuya_frenata	1.200744655	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Viviparous	4.9
Ophiodes_fragilis	1.916443741	hindlimbs only	NA	Terrestrial	Carnivorous	Viviparous	7.5
Ophiodes_intermedius	1.798365824	Limbless	Cathemera	Fossorial&Ter	Carnivorous	Viviparous	11
Ophiodes_striatus	2.015508259	hindlimbs only	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Viviparous	11
Ophiodes_vertebralis	1.533241550	Limbless	Cathemera	Fossorial	Omnivorous	Viviparous	NA
Oreosaurus_achlyens	1.242681783	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Phyllodactylus_gerrhopygus	0.666413739	four-legged	Cathemera	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Phyllodactylus_sentosus	0.666413739	four-legged	Nocturnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Phyllodactylus_ventralis	1.040055420	four-legged	Nocturnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	NA
Phyllopezus_lutzae	0.930255531	four-legged	Nocturnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	NA
Phyllopezus_periosus	1.706632867	four-legged	Nocturnal	Saxicolous	Omnivorous	Oviparous	2
Phyllopezus_pollicaris	1.342396017	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Sax	Carnivorous	Oviparous	2
Placosoma_cordylinum	0.255184333	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	NA	Oviparous	NA
Placosoma_glabbellum	0.517721878	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Plica_plica	2.227489716	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Carnivorous	Oviparous	3
Plica_umbra	1.5533	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	2
Polychrus_acutirostris	2.024063953	four-legged	Diurnal	Arboreal	Omnivorous	Oviparous	13.2
Polychrus_liogaster	2.042718755	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	NA
Polychrus_marmoratus	2.005158743	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Omnivorous	Oviparous	7.5
Potamites_eupleopus	1.175970202	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	2
Potamites_strangulatus	1.397028501	four-legged	NA	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	NA
Pristidactylus_torquatus	1.621771531	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	NA
Pseudogonatodes_gasconi	-0.459686675	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Pseudogonatodes_guianensis	-0.171893009	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	1
Pseudogonatodes_lunulatus	-0.242580525	four-legged	Cathemera	Terrestrial	NA	Oviparous	1
Pseudogonatodes_manessi	0.132983346	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Psilops_mucugensis	0.03	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	NA
Psilops_paeminus	0.11	four-legged	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	1.9
Psilops_seductus	-0.02	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	NA	NA	NA
Procellosaurinus_erythrocerus	-0.286276440	four-legged	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Psychosaura_agmosticha	1.275753811	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Viviparous	2.6
Psychosaura_macrorhyncha	1.105093711	four-legged	Diurnal	Arboreal	Omnivorous	Viviparous	2.7
Salvator_duseni	3.378757794	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Salvator_merianae	3.646796713	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	NA
Salvator_rufescens	3.924203634	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	21.4
Scriptosaura_catimbau	-0.241165499	Limbless	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Sphaerodactylus_molei	-0.260874794	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Stenocercus_caducus	1.467611440	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	2.8
Stenocercus_doellojuradoi	1.289821056	four-legged	NA	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Stenocercus_dumerilii	1.687113960	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Stenocercus_erythrogaster	1.441941737	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Stenocercus_fimbriatus	1.441941737	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Stenocercus_quinariis	1.428894534	four-legged	NA	NA	NA	Oviparous	NA
Stenocercus_roseiventris	1.565048951	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	2
Stenocercus_sinesaccus	1.304489069	four-legged	NA	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Stenocercus_squarrosus	1.402359489	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	NA
Stenolepis_ridleyi	0.280907720	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Strobilurus_torquatus	1.633188614	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	2
Teius_oculatus	1.719253675	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	4.5
Teius_teyou	2.020643815	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	4.6
Thecadactylus_rapicauda	1.703591255	four-legged	Nocturnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	1
Thecadactylus_solimoensis	1.703591255	four-legged	Nocturnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	1
Tretioscincus_agilis	0.740477358	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Oviparous	NA
Tretioscincus_bifasciatus	0.644839234	four-legged	Diurnal	Terrestrial	NA	Oviparous	NA
Tropidurus_cocorobensis	1.110017976	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	2.8
Tropidurus_etheridgei	1.718325288	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Omnivorous	Oviparous	4.9
Tropidurus_guarani	1.718325288	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	2
Tropidurus_helenae	1.132152551	four-legged	Diurnal	Saxicolous	Carnivorous	Oviparous	NA
Tropidurus_hispidus	1.942977801	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Omnivorous	Oviparous	5.6

Tropidurus_hygoni	1.289821056	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	NA
Tropidurus_itambere	1.492734938	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Carnivorous	Oviparous	3.7
Tropidurus_jaguaribanus	1.592892628	four-legged	Diurnal	Saxicolous	Carnivorous	Oviparous	1.4
Tropidurus_oreadicus	1.738683720	four-legged	Diurnal	Saxicolous&T	Omnivorous	Oviparous	3.5
Tropidurus_semitaeniatus	1.5533	four-legged	Diurnal	Saxicolous	Omnivorous	Oviparous	2.1
Tropidurus_spinulosus	1.950592903	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Omnivorous	Oviparous	4
Tropidurus_torquatus	1.898872525	four-legged	Diurnal	Arboreal&Sax	Omnivorous	Oviparous	4.9
Tupinambis_cryptus	3.31	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	NA
Tupinambis_cuzcoensis	3.06	four-legged	Diurnal	NA	NA	Oviparous	NA
Tupinambis_quadrilineatus	2.814541306	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Herbivorous	Oviparous	NA
Tupinambis_teguixin	3.646796713	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Omnivorous	Oviparous	21.4
Uracentron_azureum	1.402359489	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	2
Uracentron_flaviceps	1.863089186	four-legged	Diurnal	Arboreal	Carnivorous	Oviparous	2
Uranoscodon_superciliosus	2.151729869	four-legged	Diurnal	Semi_Aquatic	Carnivorous	Oviparous	8
Urostrophus_vautieri	1.358784189	four-legged	Diurnal	Arboreal	NA	Oviparous	9.6
Vanzosaura_multiscutata	0.038445436	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	2
Vanzosaura_rubricauda	0.280907720	four-legged	Diurnal	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	1.7
Vanzosaura_savanicola	-0.055112106	four-legged	Diurnal	Terrestrial	Carnivorous	Oviparous	2
Varzea_altamazonica	1.293174369	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	NA	Viviparous	NA
Varzea_bistriata	1.453850161	four-legged	Diurnal	Arboreal&Ter	Carnivorous	Viviparous	4.7
Amphisbaena_alba	3.007299470	Limbless	Cathemera	Fossorial&Ter	Carnivorous	Oviparous	6.5
Amphisbaena_anaemariae	0.380182095	Limbless	NA	Fossorial	NA	Oviparous	NA
Amphisbaena_arenaria	0.529168687	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Amphisbaena_borelli	0.511228137	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Amphisbaena_bolivica	2.392734851	Limbless	NA	Fossorial	NA	Oviparous	NA
Amphisbaena_darwini	1.596104120	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_frontalis	1.183446588	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Amphisbaena_fuliginosa	2.167772807	Limbless	Nocturnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_heathi	-0.258659307	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_ibijara	0.919984092	Limbless	Nocturnal	Fossorial	Carnivorous	NA	NA
Amphisbaena_kingii	0.904948171	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	2.2
Amphisbaena_leeseri	0.140850265	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_littoralis	1.146287497	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_medemi	0.428125016	Limbless	Nocturnal	Fossorial	NA	NA	NA
Amphisbaena_mertensii	1.822424913	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	7
Amphisbaena_miringoera	-0.022780604	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Amphisbaena_munoai	0.310762486	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	1.8
Amphisbaena_plumbea	1.177308247	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Amphisbaena_pretrei	2.030220396	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_prunicolor	0.875943866	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_roberti	1.082536119	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	4
Amphisbaena_slevini	-0.344968796	Limbless	Nocturnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_supernumeraria	0.529168687	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_vanzolinii	0.107058563	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Amphisbaena_vermicularis	1.418116627	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Leposternon_cerradensis	1.712941143	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Leposternon_infraorbitale	2.583714317	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	4
Leposternon_microcephalum	2.333633296	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Leposternon_octostegum	1.476041484	Limbless	NA	Fossorial	NA	NA	NA
Leposternon_polystegum	2.060466336	Limbless	Diurnal	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA
Mesobaena_rhachicephala	0.982303928	Limbless	NA	Fossorial	Carnivorous	Oviparous	NA

4. Considerações Finais

Essa tese teve por objetivo ajudar a elucidar os processos responsáveis pelos atuais padrões de diversidade e distribuição de espécies de lagartos na América do Sul. No capítulo 1 investigamos os padrões temporais de colonização da fauna de lagartos e anfisbenídeos da Caatinga a partir dos biomas adjacentes (Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica), correlacionando temporalmente com eventos geomorfológicos. Nesse capítulo encontramos que a Amazônia representou o principal bioma fonte em número de eventos de dispersão para a Caatinga, porém do Mioceno Tardio ao presente as trocas de fauna entre biomas de vegetação aberta se tornaram predominantes em termos de colonização. A transformação da paisagem e as mudanças climáticas que aumentaram a aridez no Nordeste Brasileiro durante o Neógeno foram temporalmente correlacionadas aos padrões de colonização e diversificação das linhagens presentes atualmente na Caatinga. Não encontramos suporte que o atual curso do Rio São Francisco representou barreira ribeirinha histórica à dispersão para o grupo de lagartos e anfisbenídeos como um todo entre as porções norte e sul da Caatinga.

No capítulo 2 demonstramos como a utilização de diferentes métricas em diversidade funcional e filogenética em diferentes escalas nos ajuda a detectar os processos que guiaram a estruturação das comunidades de lagartos na América do Sul. Os padrões de estruturação das comunidades apresentaram algumas diferenças dependendo da escala de estudo, mas as proporções gerais foram semelhantes em nível regional e continental. A temperatura média anual teve influência na estruturação filogenética, levando a comunidades mais agrupadas em climas frios, como nos biomas temperados e montanhosos, e comunidades mais dispersas em climas quentes, como nos biomas tropicais e subtropicais. Essa relação deve ser resultado tanto da história biogeográfica de formação desses biomas no continente sulamericano como também refletir o nicho ancestral e os processos de diversificação nesse grupo de animais. Já a estruturação funcional nos aponta que essas comunidades de lagartos sofrem processo de filtragem ambiental, onde as temperaturas máximas elevadas resultam em comunidades mais agrupadas, o que nos indica consequências diretas de mudanças nas estruturas das comunidades decorrente do processo de aquecimento global.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, D. T.; MINHÓS-YANO, I.; OLIVEIRA, J. V. M.; ROMEIRO-BRITO, M.; BONATELLI, I. A. S.; TAYLOR, N. P.; ZAPPI, D. C.; MORAES, E. M.; EATON, D. A. R.; FRANCO, F. F. Tracking the xeric biomes of South America: The spatiotemporal diversification of Mandacaru cactus. **Journal of Biogeography**, v. 48, n. 12, p. 3085–3103, 2021.
- ANDERSON, R. O.; MEIRI, S.; CHAPPLE, D. G. The biogeography of warming tolerance in lizards. **Journal of Biogeography**, v. 49, n. 7, p. 1274–1285, 2022.
- ANGILLETTA, M. J.; NIEWIAROWSKI, P. H.; NAVAS, C. A. The evolution of thermal physiology in ectotherms. **Journal of Thermal Biology**, v. 27, n. 4, p. 249–268, 2002.
- ANHUF, D.; LEDRU, M. P.; BEHLING, H.; DA CRUZ, F. W.; CORDEIRO, R. C.; VAN DER HAMMEN, T.; KARMANN, I.; MARENGO, J. A.; DE OLIVEIRA, P. E.; PESSENDA, L.; SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A. L.; DIAS, P. L. D. Paleo-environmental change in Amazonian and African rainforest during the LGM. **Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 239, n. 3-4, p. 510-527, 2006.
- ANTONELLI, A.; ZIZKA, A.; CARVALHO, F. A.; SCHARN, R.; BACON, C. D.; SILVESTRO, D.; CONDAMINE, F. L. Amazonia is the primary source of Neotropical biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 23, p. 6034–6039, 2018.
- AZEVEDO, J. A. R.; COLLEVATTI, R. G.; JARAMILLO, C. A.; STRÖMBERG, C. A. E.; GUEDES, T. B.; MATOS-MARAVÍ, P.; BACON, C. D.; CARILLO, J. D.; FAURBY, S.; ANTONELLI, A. On the Young Savannas in the Land of Ancient Forests. In: V. RULL, A.; C. CARNAVAL (org.). **Neotropical Diversification: Patterns and Processes**. Springer International Publishing.
- BARROS, R. A.; DORADO-RODRIGUES, T. F.; STRÜSSMANN, C. Taxonomic, functional, and phylogenetic diversity of lizard assemblages across habitats and seasons in a Brazilian Cerrado area. **Austral Ecology**, v. 47, n. 5, p. 983–996, 2022.
- BATALHA-FILHO, H.; FJELDSÅ, J.; FABRE, P.-H.; MIYAKI, C. Y. Connections between the Atlantic and the Amazonian forest avifaunas represent distinct historical events. **Journal of Ornithology**, v. 154, n. 1, p. 41–50, 2013.
- BENNETT, J. M.; SUNDAY, J.; CALOSI, P.; VILLALOBOS, F.; MARTÍNEZ, B.; MOLINA-VENEGAS, R.; ARAÚJO, M. B.; ALGAR, A. C.; CLUSELLA-TRULLAS, S.; HAWKINS, B. A.; KEITH, S. A.; KÜHN, I.; RAHBEEK, C.; RODRÍGUEZ, L.; SINGER, A.; MORALES-CASTILLA, I.; OLALLA-TÁRRAGA, M. Á. The evolution of critical thermal limits of life on Earth. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1198, 2021.

BLOIS, J. L.; ZARNETSKE, P. L.; FITZPATRICK, M. C.; FINNEGAN, S. Climate Change and the Past, Present, and Future of Biotic Interactions. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 499–504, 2013.

BOLET, A.; STUBBS, T. L.; HERRERA-FLORES, J. A.; BENTON, M. J. The Jurassic rise of squamates as supported by lepidosaur disparity and evolutionary rates. **eLife**, v. 11, p. e66511, 2022.

BOSCHMAN, L. M.; CARRARO, L.; CASSEMIRO, F. A. S.; DE VRIES, J.; ALTERMATT, F.; HAGEN, O.; HOORN, C.; PELLISSIER, L. Freshwater fish diversity in the western Amazon basin shaped by Andean uplift since the Late Cretaceous. **Nature, Ecology & Evolution**, v. 7, n. 12, p. 2037–2044, 2023.

BROWN, J. H. Why are there so many species in the tropics? **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 1, p. 8–22, 2014.

BROWN, J. H.; GILLOOLY, J. F.; ALLEN, A. P.; SAVAGE, V. M.; WEST, G. B. Toward a Metabolic Theory of Ecology. **Ecology**, v. 85, n. 7, p. 1771–1789, 2004.

BRUSCHI, D. P.; PERES, E. A.; LOURENÇO, L. B.; BARTOLETI, L. F. D. M.; SOBRAL-SOUZA, T.; RECCO-PIMENTEL, S. M. Signature of the Paleo-Course Changes in the São Francisco River as Source of Genetic Structure in Neotropical *Pithecopus nordestinus* (Phyllomedusinae, Anura) Treefrog. **Frontiers in Genetics**, v. 10, n. 728, DOI: 10.3389/fgene.2019.00728. 2019.

BUCKLEY, L. B.; JETZ, W. Lizard community structure along environmental gradients. **Journal of Animal Ecology**, v. 79, n. 2, p. 358–365, 2010.

BUCKLEY, L. B.; HURLBERT, A. H.; JETZ, W. Broad-scale ecological implications of ectothermy and endothermy in changing environments. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, p. 873–885, 2012.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. **Sociological Methods & Research**, v. 33, n. 2, p. 261–304, 2004.

CALVIN, K.; DASGUPTA, D.; KRINNER, G.; MUKHERJI, A.; THORNE, P. W.; *et al.* **IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]**. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023.

CAMURUGI, F.; OLIVEIRA, E. F.; LIMA, G. S.; MARQUES, R.; MAGALHÃES, F. M.; COLLI, G. R.; MESQUITA, D. O.; GARDA, A. A. Isolation by distance and past climate resistance shaped the distribution of genealogical lineages of a neotropical lizard. **Systematics and Biodiversity**, v. 20, n. 1, p. 1–19, 2022.

CANTALAPIEDRA, J. L.; FERNÁNDEZ, M. H.; MORALES, J. The biogeographic history of ruminant faunas determines the phylogenetic structure of their assemblages at different scales. **Ecography**, v. 37, n. 1, p. 1–9, 2014.

CARDILLO, M. Phylogenetic structure of mammal assemblages at large geographical scales: linking phylogenetic community ecology with macroecology. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1577, p. 2545–2553, 2011.

CARMONA, C. P.; TAMME, R.; PÄRTEL, M.; DE BELLO, F.; BROSSE, S.; CAPDEVILA, P.; GONZÁLEZ-M., R.; GONZÁLEZ-SUÁREZ, M.; SALGUERO-GÓMEZ, R.; VÁSQUEZ-VALDERRAMA, M.; TOUSSAINT, A. Erosion of global functional diversity across the tree of life. **Science Advances**, v.7, eabf2675, 2021.

CARNAVAL, A. C.; HICKERSON, M. J.; HADDAD, C. F. B.; RODRIGUES, M. T.; MORITZ, C. Stability Predicts Genetic Diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. **Science**, v. 323, n. 5915, p. 785–789, 2009.

CASSEMIRO, F. A. S.; ALBERT, J. S.; ANTONELLI, A.; MENEGOTTO, A.; WÜEST, R. O.; CEREZER, F.; COELHO, M. T. P.; REIS, R. E.; TAN, M.; TAGLIACOLLO, V.; BAILLY, D.; DA SILVA, V. F. B.; FROTA, A.; DA GRAÇA, W. J.; RÉ, R.; RAMOS, T.; OLIVEIRA, A. G.; DIAS, M. S.; COLWELL, R. K.; RANGEL, T. F.; GRAHAM, C. H. Landscape dynamics and diversification of the megadiverse South American freshwater fish fauna. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 120, n. 2, p. e2211974120, 2023.

CASTIGLIONE, S.; SERIO, C.; PICCOLO, M.; MONDANARO, A.; MELCHIONNA, M.; DI FEBBRARO, M.; SANSALONE, G.; WROE, S.; RAIA, P. The influence of domestication, insularity and sociality on the tempo and mode of brain size evolution in mammals. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 132, n. 1, p. 221–231, 2021.

CASTRO, D. L.; BEZERRA, F. H. R.; SOUSA, M. O. L.; FUCK, R. A. Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar Basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data. **Journal of Geodynamics**, v. 54, p. 29–42, 2012.

CAVENDER-BARES, J.; KOZAK, K. H.; FINE, P. V. A.; KEMBEL, S. W. The merging of community ecology and phylogenetic biology. **Ecology Letters**, v. 12, p. 1–23, 2009.

CERON, K.; SALES, L. P.; SANTANA, D. J.; PIRES, M. M. Decoupled responses of biodiversity facets driven from anuran vulnerability to climate and land-use changes. **Ecology Letters**, v. 26, n. 6, p. 869–882, 2023.

COELHO, F. E. A.; GUILLORY, W. X.; & GEHARA, M. Coalescent simulations indicate that the São Francisco River is a biogeographic barrier for six vertebrates in a seasonally dry South American forest. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 983134, 2022.

COLLI, G. R. As origens e a diversificação da herpetofauna do Cerrado. *In*: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. (org.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005. p. 247–264.

COSTA, G. C.; HAMPE, A.; LEDRU, M.; MARTINEZ, P. A.; MAZZOCHINI, G. G.; SHEPARD, D. B.; WERNECK, F. P.; MORITZ, C.; CARNAVAL, A. C. (2018). Biome stability in South America over the last 30 kyr: Inferences from long-term vegetation dynamics and habitat modelling. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 3, p. 285–297, 2018.

COYLE, J. R.; HALLIDAY, F. W.; LOPEZ, B. E.; PALMQUIST, K. A.; WILFAHRT, P. A.; HURLBERT, A. H. Using trait and phylogenetic diversity to evaluate the generality of the stress-dominance hypothesis in eastern North American tree communities. **Ecography**, v. 37, n. 9, p. 814–826, 2014.

DIELE-VIEGAS, L. M.; FIGUEROA, R. T.; VILELA, B.; ROCHA, C. F. D. Are reptiles toast? A worldwide evaluation of Lepidosauria vulnerability to climate change. **Climatic Change**, v. 159, n. 4, p. 581–599, 2020.

DIELE-VIEGAS, L. M.; VITT, L. J.; SINERVO, B.; COLLI, G. R.; WERNECK, F. P.; MILES, D. B.; MAGNUSSON, W. E.; SANTOS, J. C.; SETTE, C. M.; CAETANO, G. H. O.; PONTES, E.; ÁVILA-PIRES, T. C. S. Thermal physiology of Amazonian lizards (Reptilia: Squamata). **PLOS ONE**, v. 13, n. 3, p. e0192834, 2018.

DIAMOND, J.M. Assembly of Species Communities. *In*: DIAMOND, J.M. AND CODY, M.L. (Eds.). **Ecology and Evolution of Communities**. Boston: Harvard University Press, 1975. p. 342–344.

DINERSTEIN, E.; OLSON, D.; JOSHI, A.; VYNNE, C.; BURGESS, N. D.; WIKRAMANAYAKE, E.; HAHN, N.; PALMINTERI, S.; HEDAO, P.; NOSS, R.; HANSEN, M.; LOCKE, H.; ELLIS, E. C.; JONES, B.; BARBER, C. V.; HAYES, R., KORMOS, C.; MARTIN, V.; CRIST, E.; SALEEM, M. An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. **BioScience**, v. 67, n. 6, p. 534–545, 2017.

DIAMOND, J.M. Assembly of Species Communities. *In*: DIAMOND, J.M. AND CODY, M.L. (org.). **Ecology and Evolution of Communities**. Boston: Harvard University Press, 1975. p. 342–344.

DUBINER, S.; AGUILAR, R.; ANDERSON, R. O.; ARENAS MORENO, D. M.; AVILA, L. J.; BOADA-VITERI, E.; CASTILLO, M.; *et al.* A global analysis of field body temperatures of active squamates in relation to climate and behaviour. **Global Ecology and Biogeography**, p. e13808, 2024.

DUBINER, S.; JAMISON, S.; MEIRI, S.; LEVIN, E. Squamate metabolic rates decrease in winter beyond the effect of temperature. **Journal of Animal Ecology**, v. 92, n. 11, p. 2163–2174, 2023.

DUPIN, J.; MATZKE, N. J.; SÄRKINEN, T.; KNAPP, S.; OLMSTEAD, R. G.; BOHS, L.; SMITH, S. D. Bayesian estimation of the global biogeographical history of the Solanaceae. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 4, p. 887–899, 2017.

- FELDMAN, A.; SABATH, N.; PYRON, R. A.; MAYROSE, I.; MEIRI, S. Body sizes and diversification rates of lizards, snakes, amphisbaenians and the tuatara. **Global Ecology and Biogeography**, v. 25, n. 2, p. 187–197, 2016.
- FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; PENNINGTON, R. T.; DE QUEIROZ, L. P. The Origins and Historical Assembly of the Brazilian Caatinga Seasonally Dry Tropical Forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 723286, 2022.
- FICK, S. E.; HIJMANS, R.J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017.
- GAMBLE, T.; BAUER, A. M.; COLLI, G. R.; GREENBAUM, E.; JACKMAN, T. R.; VITT, L. J.; SIMONS, A. M. Coming to America: Multiple origins of New World geckos. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 24, n. 2, p. 231–244, 2011.
- GASTON, K. J. Global patterns in biodiversity. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 220–227, 2000.
- GAUTHIER, J. A.; KEARNEY, M.; MAISANO, J. A.; RIEPPEL, O.; BEHLKE, A. D. B. Assembling the Squamate Tree of Life: Perspectives from the Phenotype and the Fossil Record. **Bulletin of the Peabody Museum of Natural History**, v. 53, n. 1, p. 3–308, 2012.
- GIUGLIANO, L. G.; COLLEVATTI, R. G.; COLLI, G. R. Molecular dating and phylogenetic relationships among Teiidae (Squamata) inferred by molecular and morphological data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 45, p. 168–179, 2007.
- GONÇALVES-SOUSA, J. G.; DE FRAGA, R.; MENEZES, B. S.; MESQUITA, D. O.; ÁVILA, R. W. Riverine barrier and aridity effects on taxonomic, phylogenetic and functional diversities of lizard assemblages from a semi-arid region. **Journal of Biogeography**, v. 49, n. 6, p. 1021–1033, 2022.
- GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. **Life in the Cerrado: a South American tropical seasonal ecosystem**. Germany: Reta Verlag, 2006.
- GUEDES, T. B.; ENTIAUSPE-NETO, O. M.; COSTA, H. C. Lista de répteis do Brasil: Atualização de 2022. **Herpetologia Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 56–161, 2023.
- GURGEL, S. P. P.; BEZERRA, F. H. R.; CORRÊA, A. C. B.; MARQUES, F. O.; MAIA, R. P. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 186, p. 68–84, 2013.
- HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, v. 165, p. 131–137, 1969.
- HARRIS, S. E., MIX, A. C. Climate and tectonic influences on continental erosion of tropical South America, 0–13 Ma. **Geology**, v. 30, n. 5, p. 447, 2002.
- HEARD, S. B.; COX, G. H. The Shapes of Phylogenetic Trees of Clades, Faunas, and Local Assemblages: Exploring Spatial Pattern in Differential Diversification. **The American Naturalist**, v. 169, n. 5, p. 107–118, 2007.

HOORN, C.; WESSELINGH, F. P.; TER STEEGE, H.; BERMUDEZ, M. A.; MORA, A.; SEVINK, J.; SANMARTÍN, I.; SANCHEZ-MESEGUER, A.; ANDERSON, C. L.; FIGUEIREDO, J. P.; JARAMILLO, C.; RIFF, D.; NEGRI, F. R.; HOOGHIEMSTRA, H.; LUNDBERG, J.; STADLER, T.; SÄRKINEN, T.; ANTONELLI, A. Amazonia Through Time: Andean Uplift, Climate Change, Landscape Evolution, and Biodiversity. **Science**, v. 330, n. 6006, p. 927–931, 2010.

HOORN, C.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; DINO, R.; GARCIA, M. J.; ANTONIOLI, L.; HOOGHIEMSTRA, H. Neogene climate evolution in Amazonia and the Brazilian Northeast. In: CARVALHO, I. S.; GARCIA, M. J.; STROHSCHOEN, O.; LANA, C. C. (org.). **Paleontologia: Cenários de vida - Paleoclimas**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014.

HOORN, C.; BOSCHMAN, L. M.; KUKLA, T.; SCIUMBATA, M.; VAL, P. The Miocene wetland of western Amazonia and its role in Neotropical biogeography. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 199, n. 1, p. 25–35, 2022.

HOORN, C.; LOHMANN, L. G.; BOSCHMAN, L. M.; CONDAMINE, F. L. Neogene History of the Amazonian Flora: A Perspective Based on Geological, Palynological, and Molecular Phylogenetic Data. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 51, n. 1, p. 419–446, 2023.

HUBBELL, S. P. **The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001.

IBARGÜENGOYTÍA, N. R.; MEDINA, M.; LASPIUR, A.; QU, Y.; PERALTA, C. A. R.; SINERVO, B.; MILES, D. B. Looking at the past to infer into the future: Thermal traits track environmental change in Liolaemidae. **Evolution**, v. 75, n. 10, p. 2348–2370, 2021.

JAPSEN, P.; BONOW, J. M.; GREEN, P. F.; COBBOLD, P. R.; CHIOSSI, D.; LILLETVEIT, R.; MAGNAVITA, L. P.; PEDREIRA, A. Episodic burial and exhumation in NE Brazil after opening of the South Atlantic. **Geological Society of America Bulletin**, v. 124, n. 5, p. 800–816, 2012.

JARAMILLO, C. The evolution of extant South American tropical biomes. **New Phytologist**, v. 239, n. 2, p. 477–493, 2023.

KEDDY, P. A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 3, n. 2, p. 157–164, 1992.

KHALIL, M. I.; GIBSON, D. J.; BAER, S. G.; WILLAND, J. E. Functional diversity is more sensitive to biotic filters than phylogenetic diversity during community assembly. **Ecosphere**, v. 9, n. 3, p. e02164, 2018.

KLÖCKING, M.; HOGGARD, M. J.; RODRÍGUEZ TRIBALDOS, V.; RICHARDS, F. D.; GUIMARÃES, A. R.; MACLENNAN, J.; WHITE, N. J. A tale of two domes: Neogene to recent volcanism and dynamic uplift of northeast Brazil and southwest Africa. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 547, p. 116464, 2020.

- KRAFT, N. J. B.; ACKERLY, D. D. Functional trait and phylogenetic tests of community assembly across spatial scales in an Amazonian forest. **Ecological Monographs**, v. 80, n. 3, p. 401–422, 2010.
- LANDIS, M. J.; MATZKE, N. J.; MOORE, B. R.; HUELSENBECK, J. P. Bayesian Analysis of Biogeography when the Number of Areas is Large. **Systematic Biology**, v. 62, n. 6, p. 789–804, 2013.
- LANNA, F. M.; COLLI, G. R.; BURBRINK, F. T.; CARSTENS, B. C. Identifying traits that enable lizard adaptation to different habitats. **Journal of Biogeography**, v. 49, n. 1, p. 104–116, 2022.
- LANNA, F. M.; GEHARA, M.; WERNECK, F. P.; FONSECA, E. M.; COLLI, G. R.; SITES, J. W.; RODRIGUES, M. T.; GARDA, A. A. Dwarf geckos and giant rivers: The role of the São Francisco River in the evolution of *Lygodactylus klugei* (Squamata: Gekkonidae) in the semi-arid Caatinga of north-eastern Brazil. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 129, n. 1, p. 88–98, 2020.
- LAWSON, L. P. Diversification in a biodiversity hot spot: landscape correlates of phylogeographic patterns in the African spotted reed frog. **Molecular Ecology**, v. 22, n. 7, p. 1947–1960, 2013.
- LEDO, R. M. D.; COLLI, G. R. The historical connections between the Amazon and the Atlantic Forest revisited. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 11, p. 2551–2563, 2017.
- LOPEZ, B.; BURGIO, K.; CARLUCCI, M.; PALMQUIST, K.; PARADA, A.; WEINBERGER, V.; HURLBERT, A. A new framework for inferring community assembly processes using phylogenetic information, relevant traits and environmental gradients. **One Ecosystem**, v. 1, p. e9501, 2016.
- MABESOONE, J. M. **Sedimentary basins of Northeast Brazil**. Recife: Editora Universitária UFPE. 1994.
- MACARTHUR, R.; LEVINS, R. The Limiting Similarity, Convergence, and Divergence of Coexisting Species. *The American Naturalist*, v. 101, n. 921, p. 377–385, 1967.
- MAGALHAES, I. L. F.; SANTOS, A. J.; RAMÍREZ, M. J. Incorporating Topological and Age Uncertainty into Event-Based Biogeography of Sand Spiders Supports Paleo-Islands in Galapagos and Ancient Connections among Neotropical Dry Forests. **Diversity**, v. 13, n. 9, p. 418, 2021.
- MAMMOLA, S.; CARMONA, C. P.; GUILLERME, T.; CARDOSO, P. Concepts and applications in functional diversity. **Functional Ecology**, v. 35, n. 9, p. 1869–1885, 2021.
- MATZKE, N. J. Probabilistic historical biogeography: New models for founder-event speciation, imperfect detection, and fossils allow improved accuracy and model-testing. **Frontiers of Biogeography**, v. 5, n. 4, p. 242–248, 2013.
- MAYFIELD, M. M.; LEVINE, J. M. Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of communities. **Ecology Letters**, v. 13, n. 9, p. 1085–1093, 2010.

MCGILL, B. Matters of Scale. **Science Perspective**, v. 328, p. 575-576, 2010.

MCGILL, B.; ENQUIST, B.; WEIHER, E.; WESTOBY, M. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 4, p. 178–185, 2006.

MEIRI, S. Traits of lizards of the world: Variation around a successful evolutionary design. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, n. 10, p. 1168–1172, 2018.

MEIRI, S.; BAUER, A. M.; ALLISON, A.; CASTRO-HERRERA, F.; CHIRIO, L.; COLLI, G.; DAS, I.; DOAN, T. M.; GLAW, F.; GRISMER, L. L.; HOOGMOED, M.; KRAUS, F.; LEBRETON, M.; MEIRTE, D.; NAGY, Z. T.; NOGUEIRA, C. D. C.; OLIVER, P.; PAUWELS, O. S. G.; PINCHEIRA-DONOSO, D.; ROLL, U. Extinct, obscure or imaginary: The lizard species with the smallest ranges. **Diversity and Distributions**, v. 24, n. 2, p. 262–273, 2018.

MELVILLE, J.; HARMON, L. J.; LOSOS, J. B. Intercontinental community convergence of ecology and morphology in desert lizards. **Proceedings of the Royal Society B.**, v. 273, p. 557-563, 2006.

MESQUITA, D. O.; COLLI, G. R. Life history patterns in South American tropical lizards. In: GALLEGOS, O. H.; CRUZ, F. R. M.; SÁNCHEZ, J. F. M. (org.). **Reproducción en Reptiles: Morfología, Ecología y Evolución**, Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2010.

MESQUITA, D. O.; COLLI, G. R.; COSTA, G. C.; COSTA, T. B.; SHEPARD, D. B.; VITT, L. J.; PIANKA, E. R. Life history data of lizards of the world. **Ecology**, v. 96, n. 2, p. 594–594, 2015.

MESQUITA, D. O.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R.; COSTA, T. B.; SHEPARD, D. B.; VITT, L. J.; PIANKA, E. R. Life-History Patterns of Lizards of the World. **The American Naturalist**, v. 187, n. 6, p. 689–705, 2016.

MESQUITA, D. O.; COSTA, G. C.; GARDA, A. A.; DELFIM, F. R. Species Composition, Biogeography, and Conservation of the Caatinga Lizards. In: SILVA, J. M. C. D.; LEAL, I. R.; TABARELLI, I. (org.). **Caatinga**. Springer International Publishing. 2017. p. 151-180.

MORO, M. F.; NIC LUGHADHA, E.; DE ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A. Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, v. 82, n. 2, p. 91–148, 2016.

MORRONE, J. J. Biogeographical regionalisation of the Neotropical Region. **Zootaxa**, v. 3782, n. 1, p. 001-110, 2014.

MÜNKEMÜLLER, T.; GALLIEN, L.; POLLOCK, L. J.; BARROS, C.; CARBONI, M.; CHALMANDRIER, L.; MAZEL, F.; MOKANY, K.; ROQUET, C.; SMYČKA, J.; TALLUTO, M. V.; THUILLER, W. Dos and don'ts when inferring assembly rules from diversity patterns. **Global Ecology and Biogeography**, v. 29, n. 7, p. 1212–1229, 2020.

NASCIMENTO, F. F. D.; PEREIRA, L. G.; GEISE, L.; BEZERRA, A. M. R.; D'ANDREA, P. S.; BONVICINO, C. R. Colonization Process of the Brazilian Common Vesper Mouse, *Calomys expulsus* (Cricetidae, Sigmodontinae): A Biogeographic Hypothesis. **Journal of Heredity**, v. 102, n. 3, p. 260–268, 2011.

OLIVEIRA, E. F.; GEHARA, M.; SÃO-PEDRO, V. A.; CHEN, X.; MYERS, E. A.; BURBRINK, F. T.; MESQUITA, D. O.; GARDA, A. A.; COLLI, G. R.; RODRIGUES, M. T.; ARIAS, F. J.; ZAHER, H.; SANTOS, R. M. L.; COSTA, G. C. Speciation with gene flow in whiptail lizards from a Neotropical xeric biome. **Molecular Ecology**, v. 24, n. 23, p. 5957–5975, 2015.

OLIVEIRA, J. S.; SANTANA, D. J.; PANTOJA, D. L.; CERON, K.; GUEDES, T. B. Climate change in open environments: Revisiting the current distribution to understand and safeguard the future of psammophilous squamates of the Diagonal of Open Formations of South America. **Journal of Arid Environments**, v. 220, p. 105117, 2024.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I. E.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. **BioScience**, v. 51, p. 933–938, 2001

ORTIZ-JAUREGUIZAR, E.; CLADERA, G. A. Paleoenvironmental evolution of southern South America during the Cenozoic. **Journal of Arid Environments**, v. 66, p. 498–532, 2006.

PAVOINE, S.; BONSTALL, M. B. Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach. **Biological Reviews**, v. 86, n. 4, p. 792–812, 2011.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 437–457, 2009.

PENNINGTON, R. T.; RICHARDSON, J. E.; LAVIN, M. Insights into the historical construction of species-rich biomes from dated plant phylogenies, neutral ecological theory and phylogenetic community structure. **New Phytologist**, v. 172, p. 605–616, 2006.
PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 2, p. 261–273, 2000.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V.; BÉTARD, F.; GUNNELL, Y. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: Implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. **Global and Planetary Change**, v. 62, n. 1, p. 39–60, 2008.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity (FD), species richness and community composition. **Ecology Letters**, v. 5, n. 3, p. 402–411, 2002.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology Letters**, v. 9, n. 6, p. 741–758, 2006.

PIANKA, E. R.; VITT, L. J. **Lizards: windows to the evolution and diversity**. Berkeley: University of California Press. 2003.

PIANKA, E. R.; VITT, L. J.; PELEGRIN, N.; FITZGERALD, D. B.; WINEMILLER, K. O. Toward a Periodic Table of Niches, or Exploring the Lizard Niche Hypervolume. **The American Naturalist**, v. 190, n. 5, p. 601–616, 2017.

PINCHEIRA-DONOSO, D.; HARVEY, L. P.; RUTA, M. What defines an adaptive radiation? Macroevolutionary diversification dynamics of an exceptionally species-rich continental lizard radiation. **BMC Evolutionary Biology**, v. 15, n. 1, p. 153, 2015.

PONTES-NOGUEIRA, M.; MARTINS, M.; ALENCAR, L. R. V.; SAWAYA, R. J. The role of vicariance and dispersal on the temporal range dynamics of forest vipers in the Neotropical region. **PLOS ONE**, v. 16, n. 9, p. e0257519, 2021.

POZZI, L. The role of forest expansion and contraction in species diversification among galagos (Primates: Galagidae). **Journal of Biogeography**, v.43, n.10, p. 1930–1941, 2016.

PYRON, R. A.; BURBRINK, F. T. Early origin of viviparity and multiple reversions to oviparity in squamate reptiles. **Ecology Letters**, v. 17, n. 1, p. 13–21, 2014.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, D. I. R.; TABARELLI, M. (org.). **Caatinga** Springer International Publishing. 2017. P. 23-63.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2023.

RABOSKY, D. L.; GRUNDLER, M.; ANDERSON, C.; TITLE, P.; SHI, J. J.; BROWN, J. W.; HUANG, H.; LARSON, J. G. BAMM tools: An R package for the analysis of evolutionary dynamics on phylogenetic trees. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 5, n.7, p. 701–707, 2014.

RAMM, T.; CANTALAPIEDRA, J. L.; WAGNER, P.; PENNER, J.; RÖDEL, M.-O.; MÜLLER, J. Divergent trends in functional and phylogenetic structure in reptile communities across Africa. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 4697, 2018.

RAZ, T.; ALLISON, A.; AVILA, L. J.; BAUER, A. M.; BÖHM, M.; CAETANO, G. H. D. O.; COLLI, G.; DOAN, T. M.; DOUGHTY, P.; GRISMER, L.; ITESCU, Y.; KRAUS, F.; MARTINS, M.; MORANDO, M.; MURALI, G.; NAGY, Z. T.; NOGUEIRA, C. D. C.; NOVOSOLOV, M.; OLIVER, P.M.; PASSOS, P.; PINCHEIRA-DONOSO, D.; SINDACO, R.; SLAVENKO, A.; TORRES-CARVAJAL, O.; UETZ, P.; WAGNER, P.; ZIMIN, A.; ROLL, U.; MEIRI, S. Diversity gradients of terrestrial vertebrates – substantial variations about a common theme. **Journal of Zoology**, v. 322, p. 126-140, 2024.

RECODER, R. S.; MARQUES-SOUZA, S.; SILVA-SOARES, T.; RAMIRO, C. N.; CASTRO, T. M.; RODRIGUES, M. T. Morphological variation and genealogical discordance in Caatinga sand lizards *Calyptommatus Rodrigues* 1991 (Squamata: Gymnophthalmidae) with the description of a new species. **Zootaxa**, v. 5129, n. 3, p. 374–398, 2022.

RECORDER, R. S.; RODRIGUES, M. T. Diversification Processes in Lizards and Snakes from the Middle São Francisco River Dune Region, Brazil. In: CARNAVAL, A. C.; RULL, V. **Neotropical Diversification: Patterns and Processes**. Springer International Publishing. 2020. p. 713-740.

REE, R. H.; MOORE, B. R.; WEBB, C. O.; DONOGHUE, M. J. A LIKELIHOOD FRAMEWORK FOR INFERRING THE EVOLUTION OF GEOGRAPHIC RANGE ON PHYLOGENETIC TREES. **Evolution**, v. 59, n. 11, p. 2299–2311, 2005.

REE, R. H.; SMITH, S. A. Maximum Likelihood Inference of Geographic Range Evolution by Dispersal, Local Extinction, and Cladogenesis. **Systematic Biology**, v. 57, n. 1, p. 4–14, 2008.

RIVAS-MARTÍNEZ, S.; NAVARRO, G.; PENAS, A.; COSTA, M. Biogeographic Map of South America. A preliminary survey. **International Journal of Geobotanical Research**, v. 1, p. 21-40, 2011.

RODRIGUES, F. S.; GONÇALVES-SOUZA, T.; BRANT PATERNO, G.; BORGES PROVETE, D.; HUMBERTO VANCINE, M. **Análises ecológicas no R**. (org.). Canal 6 Editora, 2022.

RODRIGUES, M. T. Lizards, Snakes, and Amphisbaenians from the Quaternary Sand Dunes of the Middle Rio São Francisco, Bahia, Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 30, n. 4, p. 513, 1996.

RODRIGUES, M. T. Herpetofauna of the quaternary sand dunes of the middle Rio São Francisco, Bahia, Brazil: VIII. Amphisbaena arda sp. nov., a fuliginosa-like checkered patterned Amphisbaena (Squamata, Amphisbaenidae). **Journal of Herpetology**, v. 1, n. 2, p. 51, 2002.

RODRIGUES, M. T., BERTOLOTTO, C. E. V., AMARO, R. C., YONENAGA-YASSUDA, Y., FREIRE, E. M. X., & PELLEGRINO, K. C. M. Molecular phylogeny, species limits, and biogeography of the Brazilian endemic lizard genus Enyalius (Squamata: Leiosauridae): An example of the historical relationship between Atlantic Forests and Amazonia. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 81, p. 137–146, 2014.

RONQUIST, F. Dispersal-vicariance analysis: a new approach to the quantification of historical biogeography. **Systematic Biology**, v. 46, 1997.

ROSCITO, J. G.; SAMEITH, K.; KIRILENKO, B. M.; HECKER, N.; WINKLER, S.; DAHL, A.; RODRIGUES, M. T.; HILLER, M. Convergent and lineage-specific genomic differences in limb regulatory elements in limbless reptile lineages. **Cell Reports**, v. 38, n. 3, p. 110280, 2022.

RUBALCABA, J.; GOUVEIA, S.; VILLALOBOS, F.; OLALLA-TÁRRAGA, M.; SUNDAY, J. Climate drives global functional trait variation in lizards. **Nature Ecology & Evolution**, v. 7, p. 524–534, 2023.

RULL, V.; CARNAVAL, A. C. (org.). **Neotropical Diversification: Patterns and Processes**. Cham: Springer International Publishing, 2020.

SAFI, K.; CIANCIARUSO, M. V.; LOYOLA, R. D.; BRITO, D.; ARMOUR-MARSHALL, K.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Understanding global patterns of mammalian functional and phylogenetic diversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1577, p. 2536–2544, 2011.

SANMARTÍN, I. Historical Biogeography: Evolution in Time and Space. **Evolution: Education and Outreach**, v. 5, n. 4, p. 555–568, 2012.

SERRANO, F. C.; PONTES-NOGUEIRA, M.; SAWAYA, R. J.; ALENCAR, L. R. V.; NOGUEIRA, C. C.; GRAZZIOTIN, F. G. There and back again: when and how the world's richest snake family (Dipsadidae) dispersed and speciated across the Neotropical region. **Journal of Biogeography**, v. 00, p. 1 - 16. 2024.

SIEDCHLAG, A. C.; BENOZZATI, M. L.; PASSONI, J. C.; RODRIGUES, M. T. Genetic structure, phylogeny, and biogeography of Brazilian eyelid-less lizards of genera *Calypotommat* and *Nothobachia* (Squamata, Gymnophthalmidae) as inferred from mitochondrial DNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 56, n. 2, p. 622–630, 2010.

SHIMADZU, H.; DORNELAS, M.; HENDERSON, P. A.; MAGURRAN, A. E. Diversity is maintained by seasonal variation in species abundance. **BMC Biology**, v. 11, n. 98, p. 1-9, 2013.

SHINE, R. Life-History Evolution in Reptiles. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 36, n. 1, p. 23–46, 2005.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. **PLOS ONE**, v. 13 n. 4, p. e0196130, 2018.

SILVA DE MIRANDA, P. L.; DEXTER, K. G.; SWAINE, M. D.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T.; HARDY, O. J.; FAYOLLE, A. Dissecting the difference in tree species richness between Africa and South America. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 119, n. 14, p. e2112336119, 2022.

SIMON, M. F.; GREETHER, R.; DE QUEIROZ, L. P.; SKEMA, C.; PENNINGTON, R. T.; HUGHES, C. E. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20359–20364, 2009.

SINERVO, B.; MÉNDEZ-DE-LA-CRUZ, F.; MILES, D. B.; HEULIN, B.; BASTIAANS, E.; VILLAGRÁN-SANTA CRUZ, M.; LARA-RESENDIZ, R.; MARTÍNEZ-MÉNDEZ, N.; CALDERÓN-ESPINOSA, M. L.; MEZA-LÁZARO, R. N.; GADSDEN, H.; AVILA, L. J.; MORANDO, M.; DE LA RIVA, I. J.; SEPULVEDA, P. V.; ROCHA, C. F. D.; IBARGÜENGOYTÍA, N.; PUNTRIANO, C. A.; MASSOT, M.; LEPETZ, V.; OKSANEN, T. A.; CHAPPLE, D. G.; BAUER, A. M.; BRANCH, W. R.; CLOBERT, J.; SITES, J. W.

Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. **Science**, v. 328, n. 5980, p. 894–899, 2010.

SKEELS, A.; ESQUERRÉ, D.; CARDILLO, M. Alternative pathways to diversity across ecologically distinct lizard radiations. **Global Ecology and Biogeography**, v. 29, n. 3, p. 454–469, 2020.

SOBRAL, F. L.; CIANCIARUSO, M. V. ESTRUTURA FILOGENÉTICA E FUNCIONAL DE ASSEMBLÉIAS: (RE)MONTANDO A ECOLOGIA DE COMUNIDADES EM DIFERENTES ESCALAS ESPACIAIS. **Biosci. J.**, v. 28, n. 4, 2012.

STEVENS, R. D.; COX, S. B.; STRAUSS, R. E.; WILLIG, M. R. Patterns of functional diversity across an extensive environmental gradient: vertebrate consumers, hidden treatments and latitudinal trends. **Ecology Letters**, v. 6, n. 12, p. 1099–1108, 2003.

SWENSON, N. G. **Functional and Phylogenetic Ecology in R**. New York, NY: Springer New York, 2014.

SWENSON, N. G. The role of evolutionary processes in producing biodiversity patterns, and the interrelationships between taxonomic, functional and phylogenetic biodiversity. **American Journal of Botany**, v. 98, n. 3, p. 472–480, 2011.

TEWKSBURY, J. J.; HUEY, R. B.; DEUTSCH, C. A. Putting the Heat on Tropical Animals. **Science**, v. 320, n. 5881, p. 1296–1297, 2008.

TONINI, J. F. R.; BEARD, K. H.; FERREIRA, R. B.; JETZ, W.; PYRON, R. A. Fully-sampled phylogenies of squamates reveal evolutionary patterns in threat status. **Biological Conservation**, v. 204, p. 23–31, 2016.

TUCKER, C. M.; CADOTTE, M. W.; CARVALHO, S. B.; DAVIES, T. J.; FERRIER, S.; FRITZ, S. A.; GRENYER, R.; HELMUS, M. R.; JIN, L. S.; MOOERS, A. O.; PAVOINE, S.; PURSCHKE, O.; REDDING, D. W.; ROSAUER, D. F.; WINTER, M.; MAZEL, F. A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. **Biological Reviews**, v. 92, n. 2, p. 698–715, 2017.

TUCKER, C. M.; DAVIES, T. J.; CADOTTE, M. W.; PEARSE, W. D. On the relationship between phylogenetic diversity and trait diversity. **Ecology**, v. 99, n. 6, p. 1473–1479, 2018.

UCHÔA, L. R.; DELFIM, F. R.; MESQUITA, D. O.; COLLI, G. R.; GARDA, A. A.; GUEDES, T. B. Lizards (Reptilia: Squamata) from the Caatinga, northeastern Brazil: Detailed and updated overview. **Vertebrate Zoology**, v. 72, p. 599–659, 2022.

UETZ, P.; FREED, P.; AGUILAR, R.; REYES, F.; KUDERA, J.; HOŠEK, J. **The Reptile Database**, <http://www.reptile-database.org>, accessed May 20, 2023.

VALIENTE-BANUET, A.; VERDU, M. Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities. **Ecology Letters**, v. 10, p. 1029–1036, 2007.

VANZOLINI, P. E. ON THE LIZARDS OF A CERRADO CAATINGA CONTACT: EVOLUTIONARY AND ZOOGEOGRAPHICAL IMPLICATIONS (SAURIA). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 29, p. 111-119, 1976.

VÁSQUEZ-RESTREPO, J. D.; OCHOA-OCHOA, L. M.; FLORES-VILLELA, O.; VELASCO, J. A. Deconstructing the dimensions of alpha diversity in squamate reptiles (Reptilia: Squamata) across the Americas. **Global Ecology and Biogeography**, v. 32, p. 250-266, 2023.

VIDAN, E.; NOVOSOLOV, M.; BAUER, A. M.; HERRERA, F. C.; CHIRIO, L.; DE CAMPOS NOGUEIRA, C.; DOAN, T. M.; LEWIN, A.; MEIRTE, D.; NAGY, Z. T.; PINCHEIRA-DONOSO, D.; TALLOWIN, O. J. S.; TORRES CARVAJAL, O.; UETZ, P.; WAGNER, P.; WANG, Y.; BELMAKER, J.; MEIRI, S. The global biogeography of lizard functional groups. **Journal of Biogeography**, v. 46, n. 10, p. 2147–2158, 2019.

VIOLLE, C.; NAVAS, M.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.

VITT, L. J.; PIANKA, E. R.; COOPER, JR., W. E.; SCHWENK, K. History and the Global Ecology of Squamate Reptiles. **The American Naturalist**, v. 162, n. 1, p. 44–60, 2003.

WEBB, C. O. Exploring the Phylogenetic Structure of Ecological Communities: An Example for Rain Forest Trees. **The American Naturalist**, v. 156, n. 2, p. 145–155, 2000.

WEBB, C. O.; ACKERLY, D. D.; MCPEEK, M. A.; DONOGHUE, M. J. Phylogenies and Community Ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, n. 1, p. 475–505, 2002.

WEIHER, E.; KEDDY, P. A. Assembly Rules, Null Models, and Trait Dispersion: New Questions from Old Patterns. **Oikos**, v. 74, n. 1, p. 159, 1995.

WERNECK, F. P.; LEITE, R. N.; GEURGAS, S. R.; RODRIGUES, M. T. Biogeographic history and cryptic diversity of saxicolous Tropicoduridae lizards endemic to the semiarid Caatinga. **BMC Evolutionary Biology**, v. 15, n. 1, p. 1 - 24, 2015.

WERNECK, F. P.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R.; PRADO, D. E.; SITES JR, J. W. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: New insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence: Palaeodistributions of Seasonally Dry Tropical Forests. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n. 2, p. 272–288, 2011.

WERNECK, F. P.; GAMBLE, T.; COLLI, G. R.; RODRIGUES, M. T.; SITES JR, J. W. DEEP DIVERSIFICATION AND LONG-TERM PERSISTENCE IN THE SOUTH AMERICAN ‘DRY DIAGONAL’: INTEGRATING CONTINENT-WIDE PHYLOGEOGRAPHY AND DISTRIBUTION MODELING OF GECKOS: DEEP DIVERGENCE OF SOUTH AMERICAN ‘DRY DIAGONAL’ BIOMES. **Evolution**, v. 66, n. 10, p. 3014–3034, 2012.

WERNECK, F. P.; LEITE, R. N.; GEURGAS, S. R.; RODRIGUES, M. T. Biogeographic history and cryptic diversity of saxicolous Tropicoduridae lizards endemic to the semiarid Caatinga. **BMC Evolutionary Biology**, v. 15, n. 1, p. 94, 2015.

WIECZYNSKI, D. J.; BOYLE, B.; BUZZARD, V.; DURAN, S. M.; HENDERSON, A. N.; HULSHOF, C. M.; KERKHOFF, A. J.; MCCARTHY, M. C.; MICHALETZ, S. T.; SWENSON, N. G.; ASNER, G. P.; BENTLEY, L. P.; ENQUIST, B. J.; SAVAGE, V. M. Climate shapes and shifts functional biodiversity in forests worldwide. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 2, p. 587–592, 2019.

WIENS, J. J.; DONOGHUE, M. J. Historical biogeography, ecology and species richness. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, n. 12, p. 639–644, 2004.

XING, Y.; REE, R. H. Uplift-driven diversification in the Hengduan Mountains, a temperate biodiversity hotspot. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 17, 2017.

ZANELLA, F. C. V. Evolução da biota da diagonal de formações abertas secas da América do Sul. In: CARVALHO, C. J. B.; ALMEIDA, E. A. B. (org.). **Biogeografia da América do Sul: padrões e processos**. São Paulo, Roca. 2011.

ZIMIN, A.; ZIMIN, S. V.; SHINE, R.; AVILA, L.; BAUER, A.; BÖHM, M.; BROWN, R.; BARKI, G.; DE OLIVEIRA CAETANO, G. H.; CASTRO HERRERA, F.; CHAPPLE, D. G.; CHIRIO, L.; COLLI, G. R.; DOAN, T. M.; GLAW, F.; GRISMER, L. L.; ITESCU, Y.; KRAUS, F.; LEBRETON, M.; MARTINS, M.; MORANDO, M.; MURALI, G.; NAGY, Z. T.; NOVOSOLOV, M.; OLIVER, P.; PASSOS, P.; PAUWELS, O. S. G.; PINCHEIRA-DONOSO, D.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; SHEA, G.; TINGLEY, R.; TORRES-CARVAJAL, O.; TRAPE, J.; UETZ, P.; WAGNER, P.; ROLL, U.; MEIRI, S. A global analysis of viviparity in squamates highlights its prevalence in cold climates. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, n. 12, p. 2437–2452, 2022.

ZIZKA, A.; CARVALHO-SOBRINHO, J. G.; PENNINGTON, R. T.; QUEIROZ, L. P.; ALCANTARA, S.; BAUM, D. A.; BACON, C. D.; ANTONELLI, A. Transitions between biomes are common and directional in Bombacoideae (Malvaceae). **Journal of Biogeography**, v. 47, n. 6, p. 1310–1321, 2020.