



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

BRENNNA HORTINS DE OLIVEIRA

INFLUÊNCIA DE FATORES BIOGEOGRÁFICOS E VARIÁVEIS
BIOCLIMÁTICAS NA COMPOSIÇÃO, DIVERSIDADE E ESTRUTURA
FILOGENÉTICA EM BREJOS DE ALTITUDE

CAMPINA GRANDE – PB

2022

BRENNA HORTINS DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DE FATORES BIOGEOGRÁFICOS E VARIÁVEIS
BIOCLIMÁTICAS NA COMPOSIÇÃO, DIVERSIDADE E ESTRUTURA
FILOGENÉTICA EM BREJOS DE ALTITUDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes

CAMPINA GRANDE-PB

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48i Oliveira, Brenna Hortins de.
Influência de fatores biogeográficos e variáveis bioclimáticas na composição, diversidade e estrutura filogenética em brejos de altitude [manuscrito] / Brenna Hortins de Oliveira. - 2022.
30 p. : il. colorido.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.
"Orientação : Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."
1. Conservação. 2. Filogenia. 3. Mudanças climáticas. 4. Variáveis bioclimáticas. I. Título

21. ed. CDD 577

BRENNA HORTINS DE OLIVEIRA

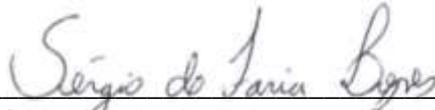
**INFLUÊNCIA DE FATORES BIOGEOGRÁFICOS E VARIÁVEIS
BIOCLIMÁTICAS NA COMPOSIÇÃO, DIVERSIDADE E ESTRUTURA
FILOGENÉTICA EM BREJOS DE ALTITUDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

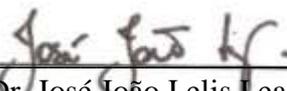
Área de concentração: Biodiversidade e Conservação em Ecossistemas Terrestres e Aquáticos

Aprovada em: 25/02/2022

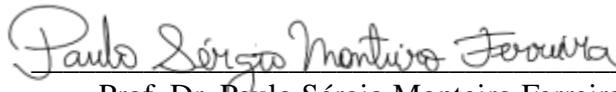
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. José João Lelis Leal de Souza
Universidade Federal de Viçosa (UFV)



Prof. Dr. Paulo Sérgio Monteiro Ferreira
Escola Cidadã Integral José Rodrigues de Ataíde

À minha família pelo amor,
companheirismo e respeito de sempre,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Senhor, nosso Pai, por me abençoar tanto e nunca me deixar desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha Mãe por todo o amor, cuidado, dedicação e respeito. Te amo!

Ao meu Pai por todo apoio de sempre.

À minha avó Isabel.

Às minhas irmãs por todo apoio, amor, compreensão e amizade. Vocês são as melhores!

Aos meus sobrinhos por serem luz em minha vida. À Lua por todo amor puro e sincero.

Ao meu orientador Dr. Sérgio de Faria Lopes, por todo apoio, compreensão e incentivo. Sem dúvidas o EcoTropics e eu temos o melhor orientador de todos! Obrigada por tudo, professor.

Esse trabalho tem como base duas pessoas muito especiais, o professor Sérgio e o Anderson. Palavras nenhuma serão suficientes para expressar a minha gratidão a eles que me acompanham desde a graduação, me ajudam e sempre me incentivam. Obrigada por tudo!

Ao EcoTropics, laboratório o qual faço parte, que sempre me acolheu com muito carinho e café. Ao Anderson, Gilbevan, Maiara, D'ávila, Graci, Fernanda Kelly, Rubenice, Fernanda (exótica) e Humberto.

À uma família que não é de sangue, mas é minha. Morgana, Fernando e Henrique, vocês são muito importantes para mim.

À Ana Paula, Hyabbi, Fábio, Kayan, Pablo, Amábili, Tamires, Mika, Wanda, Klisman e Thiago por todo carinho e amizade. E em especial ao Marcelo, um amigo que o mestrado me deu e que foi muito importante em todo esse processo.

Jerferson e Juninho por toda amizade e leveza.

À banca por aceitar meu convite e avaliar o nosso trabalho. Professor Dr. JJ, professor Dr. Paulo Sérgio e professora Dra. Bianca Terra, obrigada.

À minha turma de mestrado que ajudou a deixar todo esse processo mais leve e divertido. Em especial a Socorro, Marcelo e Éden por toda ajuda.

Ao PPGEC por todo suporte.

À CAPES por todo apoio financeiro.

À UEPB pelo apoio.

RESUMO

Entender como e quais fatores ambientais influenciam na montagem e estrutura das comunidades vegetais é um dos grandes desafios da ecologia. E para um melhor entendimento, fatores históricos também precisam ser levados em consideração. A ecofilogenética apareceu como uma ferramenta útil para que seja possível caracterizar melhor as comunidades em relação a suas respectivas histórias evolutivas. É possível abordar a relação entre fatores ambientais e história evolutiva a partir da quantificação da estrutura filogenética nas comunidades de plantas. A partir disso, verificamos se a distância do litoral, o tamanho de área e variáveis bioclimáticas influenciam na diversidade e estrutura filogenética das comunidades de plantas dos Brejos de Altitude localizados na região nordeste do Brasil. Esperamos que: 1) áreas maiores e mais próximas do litoral tenham uma maior riqueza e diversidade filogenética do que áreas menores e mais interioranas; 2) áreas com maiores taxas de precipitações e menores temperaturas tenham uma maior diversidade filogenética. Este estudo compreende um total de 29 áreas de Brejos de Altitude distribuídas nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. As áreas apresentam altitude mínima de 600m e precipitação média anual mínima de 814 mm. A estrutura filogenética e montagem das comunidades foram quantificadas a partir da riqueza, PD (diversidade filogenética de Faith), ses.MPD (*Mean Pairwise Distance* – MPD) e ses.MNTD (*Mean Pairwise Taxon Distance* – MNTD). A Análise de Modelos Generalizados foi realizada para a relação da riqueza, PD, ses.MPD (*Mean Pairwise Distance* – MPD) e ses.MNTD Próximos (*Mean Pairwise Taxon Distance* – MNTD) com a distância das áreas ao litoral, tamanho da área e variáveis bioclimáticas (Temperatura Média Anual, Faixa Diurna Média, Isotermalidade, Sazonalidade de temperatura, temperatura máxima do mês mais quente, temperatura mínima do mês mais frio, Faixa Anual de Temperatura, temperatura média do trimestre mais chuvoso, temperatura média do trimestre mais seco, temperatura média do trimestre mais quente, temperatura média do trimestre mais frio, Precipitação Anual, Precipitação do mês mais chuvoso, Precipitação do mês mais seco, Sazonalidade de precipitação, Precipitação do trimestre mais úmido, Precipitação do quarto mais seco, Precipitação do trimestre mais quente e Precipitação do trimestre mais frio). Os resultados mostram que processos históricos e fatores ambientais têm influência na estrutura, composição e diversidade filogenética das áreas de Brejos de Altitude brasileiras. A riqueza de espécies e PD têm relação significativa positiva com variáveis bioclimáticas como precipitação do trimestre mais quente, precipitação do trimestre mais frio, e negativa com a distância do oceano. O ses.MPD tem relação significativa negativa com sazonalidade da temperatura e positiva com

precipitação no mês mais úmido, e o tamanho da área. O ses.MNTD tem relação significativa negativa com a isothermalidade, e positiva com a faixa diurna média e precipitação anual. Estes resultados podem servir de base para levantar discussões importantes sobre o futuro da biodiversidade destas áreas frente as mudanças climáticas e sobre a conservação.

Palavras-chave: Conservação. Filogenia. Mudanças climáticas. Variáveis bioclimáticas.

ABSTRACT

Understanding how and which environmental factors influence the mounting and structure of plant communities is one of the enormous challenges of ecology. And for better perception, historical aspects also need to be taken into account. Ecophylogenetics has emerged as a helpful tool to characterize better communities about their evolutionary histories. It is possible to approach the relationship between environmental factors and evolutionary history from the appraisal of the phylogenetic structure in plant communities. From this, we verified whether the distance from the coast, area size, and bioclimatic variables influence the diversity and phylogenetic structure of plant communities in the Altitude Marshes located in the northeast region of Brazil. We expect that: 1) larger areas closer to the coast will have a higher richness and phylogenetic diversity than smaller and more inland areas; 2) areas with higher precipitation rates and lower temperatures have greater phylogenetic diversity. This research comprises a budget of 9 areas of Altitude Marshes distributed in the states of Ceará, Paraíba, Pernambuco, and Alagoas. The areas have an altitude of 600m and an annual average minimum of 814 mm. The phylogenetic structure and mounting of communities were quantified from the richness, PD (Phylogenetic Diversity of Faith), ses.MPD (Mean Pairwise Distance – MPD) and ses.MNTD (Mean Pairwise Taxon Distance – MNTD). The Generalized Model Analysis was performed for the relationship of richness, PD, ses.MPD (Mean Pairwise Distance – MPD) and ses.MNTD Near (Mean Pairwise Taxon Distance – MNTD) with the distance of the areas to the coast, area size, and bioclimatic variables (Annual Mean Temperature, Mean Diurnal Range, Isothermal, Temperature Seasonality, the maximum temperature of the hottest month, minimum temperature of the coldest month, Annual Temperature Range, the average temperature of the wettest quarter, the average temperature of the warmest quarter, the average temperature of the coldest quarter, Annual Precipitation, Rainfall of the wettest month, Rainfall of the driest month, Precipitation seasonality, Precipitation of the wettest quarter, Rainfall of the driest quarter, Warmer Quarter Precipitation and Coldest Quarter Precipitation). The results show that historical processes and environmental factors influence the structure, composition, and phylogenetic diversity of Brazilian Altitude Marshes areas. Species richness and PD have a significant positive relationship with bioclimatic variables such as precipitation in the warmest quarter, precipitation in the coldest quarter, and a negative rapport with distance from the ocean. The ses.MPD has a significant negative rapport with temperature seasonality and a positive relationship with precipitation in the wettest month, and the size of the area. The ses.MNTD has a significant negative relationship with isothermality, and a positive relationship with the

mean diurnal range and annual precipitation. These results can serve as a basis for raising important discussions on the future of the biodiversity of these areas in the face of climate change and on conservation.

Keywords: Conservation. Phylogeny. Climate changes. Bioclimatic variables.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Mapa das áreas de estudo que estão distribuídas em quatro estados na região Nordeste do Brasil, trazendo informações sobre a altitude das 29 áreas.....	17
Figura 2	Árvore filogenética para as 828 espécies das 29 áreas de estudo.....	19
Figura 3	Gráfico de Ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) construído através da medida de distância de Jaccard (presença e ausência) da ocorrência de espécies arbóreas dos Brejos de Altitude do Nordeste do Brasil.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização das áreas de estudo apresentando a localização geográfica, nome das áreas, domínio fitogeográfico, altitude e riqueza. CE (Ceará); PE (Pernambuco); PB (Paraíba); AL (Alagoas).....	17
Tabela 2	Melhores Modelos Generalizados (GLM) entre as variáveis dependentes (riqueza, PD (Diversidade Filogenética de Faith, 1992), ses.MPD (<i>Mean Pairwise Distance</i> – MPD) e se.sMNTD (<i>Mean Pairwise Taxon Distance</i>) e independentes (variáveis bioclimáticas, distância do oceano e tamanho da área). Onde: BIO2: Faixa Diurna Média, BIO3: Isotermalidade, BIO4: Sazonalidade de temperatura, BIO6: temperatura mínima do mês mais frio, BIO8: temperatura média do trimestre mais chuvoso, BIO9: temperatura média do trimestre mais seco, BIO12: Precipitação Anual, BIO13: Precipitação do mês mais chuvoso, BIO14: Precipitação do mês mais seco, BIO15: Sazonalidade de precipitação, BIO17: Precipitação do quarto mais seco, BIO18: Precipitação do trimestre mais quente, BIO19: Precipitação do trimestre mais frio.....	21
Tabela 3	Resultados dos Melhores Modelos Generalizados (GLM) entre as variáveis dependentes (riqueza, PD, sesMPD e sesMNTD) e as variáveis independentes (variáveis bioclimáticas, distância do oceano e tamanho de área).....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.1	Dados ecológicos.....	16
2.2	Árvore filogenética.....	18
2.3	Diversidade e estrutura filogenéticas.....	19
2.4	Modelos Lineares Generalizados.....	20
3	RESULTADOS.....	22
4	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da ecologia é esclarecer quais mecanismos são responsáveis pela composição e estrutura das comunidades (Weiher; Keddy, 2001). Nesse sentido, a montagem das comunidades vegetais é governada por uma gama de fatores que juntos operam no espaço e no tempo (Guariguata, 2002; Silva; Batalha, 2009), indo desde grandes escalas espaço-temporais, como por exemplo, biogeográficos e evolutivos (Cavender-Bares et al. 2009; Wiens; Donoghue, 2004), fatores bióticos como a competição (Novotny et al. 2002), até fatores abióticos regionais e locais como as condições físicas do ambiente (como por exemplo o relevo, altitude, influência da distância do oceano e tamanho da área) (Phillips et al. 2004; Chase, 2010). Mas também há outros fatores que podem operar na montagem das comunidades, como a deriva ecológica (Chave, 2009; Chase, 2010), a dinâmica temporal de nicho (Kelly et al. 2008) e as perturbações antrópicas (Guariguata, 2002).

Como cada um desses fatores vai influenciar a estrutura e composição das comunidades vai depender da escala investigada (Whittaker; Willis, Field, 2001). Por exemplo, em escala regional, a temperatura e a precipitação poderão ter influência na composição e riqueza para florestas tropicais (Pitman et al. 2002), já em uma escala local, o microclima (Monteiro & Fisch, 2005; Morellato & Hadadd, 2000), solo e topografia (Carvalho *et al.*, 2005) e as interações interespecíficas (Whittaker; Willis; Field, 2001) podem exercer maiores influências. No entanto, para uma maior compressão de como as comunidades mudam em relação a sua estrutura e composição, aspectos históricos também precisam ser entendidos (Ricklefs, 2006, Moro et al., 2015).

Os métodos filogenéticos que trazem consigo informações sobre as relações históricas dos seres vivos são utilizados para observar o agrupamento, a dispersão ou a uniformidade filogenética (ou seja, o grau de parentesco) das espécies em escalas espaciais, podendo ir de escalas locais à regionais (Webb et al., 2002). O parentesco filogenético das espécies fornece respostas relacionadas aos mecanismos de montagem e estrutura filogenética das comunidades (Webb *et al.*, 2002; Graham & Fine, 2008; Cavender-Bares *et al.*, 2009). Esses métodos ajudam a entender como os padrões das relações filogenéticas mudam e também como os fatores biogeográficos podem afetar os padrões observados nestas escalas (Harmon-Threatt, 2013).

A partir de abordagens ecofilogenéticas é possível observar que espécies filogeneticamente próximas compartilham similaridade em relação ao hábitat e preferências de nicho (Webb et al. 2002; Wiens & Graham, 2005; Losos, 2008). Essa ideia é sustentada pela hipótese de conservadorismo de nicho (TCH), que propõe que espécies em regiões tropicais são

mais numerosas porque a maior parte dos grupos tem origem nos trópicos, com isso, são mais especializadas em regime climático tropical e seus descendentes tendem a manter características dos seus ancestrais (Wiens & Donoghue, 2004). Em regiões neotropicais, há grande extensão de biomas que são relacionados à seca e que possuem grande diversidade de linhagens de espécies (Dryflor, 2016) e ocorrem em áreas isoladas, estando espalhadas no decorrer da região neotropical (Werneck, 2011). Mas apesar do isolamento geográfico dessas áreas, elas compartilham entre si grande parte da sua biota (Magalhães et al., 2017). A distribuição fragmentada pode ter sido mantida em grandes escalas de tempo evolutivas que foram suficientes para ter influência na biogeografia e evolução em biomas secos, podendo prever que devido a limitação de dispersão relacionada à biogeografia das ilhas, há uma estrutura geográfica que influencia o relacionamento filogenético nesses biomas secos (Pennington et al., 2009).

Na América do Sul, há uma grande distribuição da Floresta Tropical Sazonalmente Seca (SDTF) (Banda, 2016), e no Brasil a sua maior distribuição é na região semiárida, representada pela vegetação da Caatinga (Miles *et al.* 2006; Dexter *et al.* 2018). No entanto, também na região semiárida do Brasil, há ocorrência de enclaves de Floresta Atlântica, formando ilhas de florestas úmidas, circundadas pela vegetação da Caatinga conhecidas regionalmente como Brejos de Altitude (Ab'Saber, 2003). Essas ilhas foram formadas a partir da expansão de vegetação úmida que ocorreu no Quaternário, durante uma era glacial, a *Würm-Wisconsin*, que ocasionou flutuações climáticas, que teve como resultado diversas mudanças paisagísticas (Ab'Saber, 2006). Com isso, as florestas úmidas que estavam mais próximas do litoral avançaram em direção às regiões mais interioranas. Posteriormente, em períodos interglaciais, essas florestas recuaram e retornaram à sua distribuição original, permanecendo como enclaves de florestas úmidas em locais onde o microclima favorecia a permanência (Ab'Saber, 1992; Da Silva; Pinto-da-Rocha; De Souza, 2011; Barbosa, 2016). Estes Brejos de Altitude são refúgios que abrigam espécies de plantas de distribuição Amazônica e de Mata Atlântica (Andrade-Lima, 1982; Tabarelli & Santos, 2004, Rodal & Sales, 2008).

Assim, podemos retratar os Brejos de Altitude como ilhas de vegetação e aplicar algumas previsões da teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson, 1963). A teoria é baseada na ideia de que biotas insulares alcançavam o equilíbrio da riqueza de espécies a partir de processos que adicionavam espécies (por imigração), por outro lado, processos que causavam a extinção (competição); e que ilhas maiores e mais próximas do continente acumulam maior riqueza de espécies, enquanto ilhas menores e mais isoladas acumulam menor riqueza (Rickelfs, 2010; Weigelt, 2016). Segundo a teoria, o equilíbrio da riqueza de espécies

está diretamente relacionado a fatores como distância do continente e tamanho da área das ilhas, que são responsáveis por afetar a migração e as taxas de extinções estocásticas. A Teoria de Biogeografia de Ilhas ao abordar a relação espécie-área pode trazer informações importantes à compreensão da manutenção e geração da biodiversidade e é base para estimativas de extinção a partir da perda de habitat (Thomas et al., 2004).

Desse modo, esta dissertação que consiste em um capítulo, busca avaliar e compreender se a composição, diversidade e estrutura filogenética dos Brejos de Altitude do Nordeste do Brasil são influenciados pela distância do litoral (o qual aqui representará o continente na teoria de Biogeografia de Ilhas), tamanho da área e variáveis bioclimáticas. A partir disso, espera-se que: (1) Fragmentos mais próximos do litoral acumularam maior riqueza e diversidade filogenética; (2) Áreas com temperaturas mais amenas e precipitações maiores terão uma maior diversidade filogenética.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados ecológicos

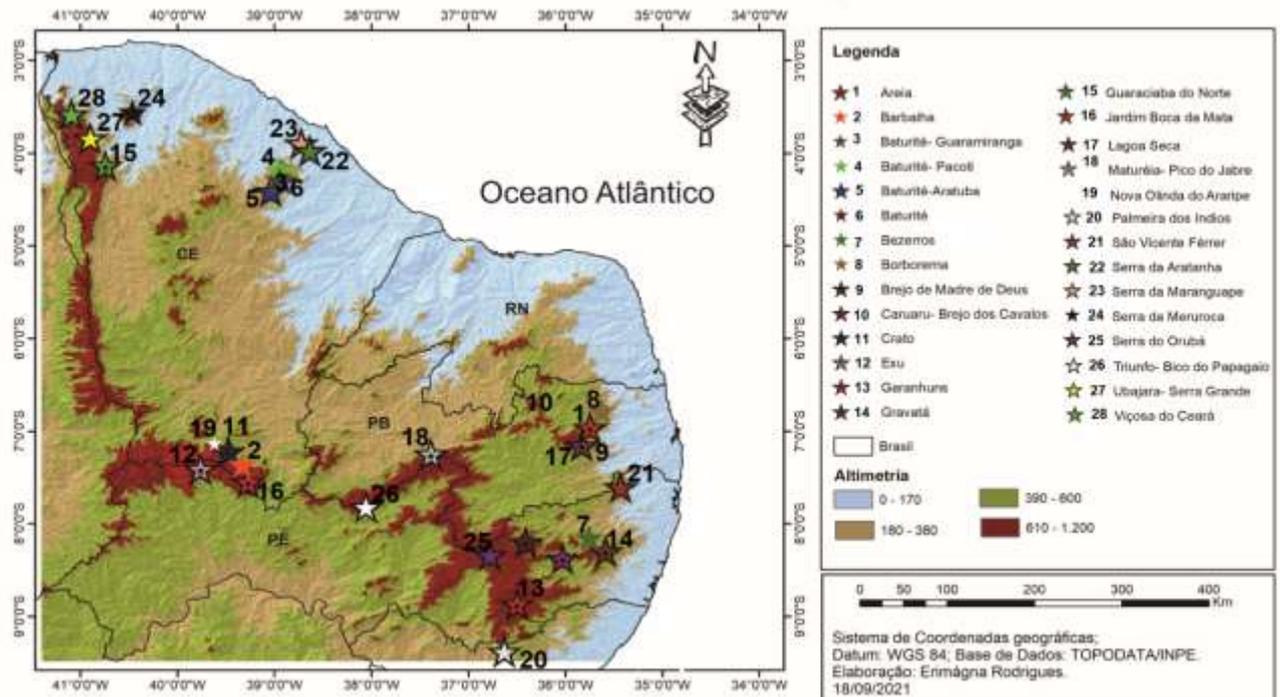
O presente estudo contém dados de 29 Brejos de Altitude localizados no Nordeste do Brasil (Figura 1), nos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Alagoas (Tabela 1). Todas as áreas têm uma altitude mínima de 600m e precipitação anual mínima de 814mm e são classificadas como florestas semidecíduas. O clima que predomina é o semiárido (BSwh) Köppen, onde há um período estacional bem definido (Alvares et al. 2013).

Área de estudo

Remanescentes de mata semidecídua e mata atlântica abrigados em planaltos e inselbergs quebram a continuidade da Caatinga. Planaltos isolados entre 650 e 700 m de altitude cobrem aproximadamente 10% dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (Farr et al., 2007). Tais planaltos possuem topos planos, com declives acentuados e cornijas de dezenas de metros que indicam recuos paralelos de suas vertentes (Arai, 2000). Os solos encontrados em planaltos são classificados como Ferralsolos (equivalentes a Latossolos) e Arenossolos (equivalentes a Neossolos Quartzarênicos) (Santos et al., 2011). Esses solos são mais profundos, possuem mais horizontes e possuem maior capacidade de retenção de água do que os encontrados nas terras baixas.

Terras altas associadas a rochas resistentes e sistemas horst-graben também hospedam fragmentos de floresta semidecídua e floresta tropical (De Queiroz et al., 2021). Falhas criadas pelo soerguimento de granito e granitóide durante o ciclo Brasileiro e intemperismo favoreceram a individualização e o arredondamento de diques como inselbergs e montanhas (Correa et al., 2010). Os Umbrissóis (equivalentes a Organossolos Fólicos) e Regosols (equivalentes a Neossolos Regolíticos) cobrem encostas côncavas em inselbergs e montanhas acima de 800 m de altitude (de Souza et al., 2022).

Figura 1 - Mapa das áreas de estudo que estão distribuídas em quatro estados na região Nordeste do Brasil, trazendo informações sobre a altitude das 29 áreas.



Fonte: Erimáigna de Moraes Rodrigues, 2021.

Tabela 1 - Caracterização das áreas de estudo apresentando a localização geográfica, nome das áreas, domínio fitogeográfico, altitude e riqueza. CE (Ceará); PE (Pernambuco); PB (Paraíba); AL (Alagoas).

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA	ESTADO	ALTITUDE (M)	RIQUEZA DE ESPÉCIES
P01	04°11'43"S	38°57'03"W	Baturité - Pacoti	CE	928	199
P02	04°18'03"S	38°56'40"W	Baturité - Guaramiranga	CE	785	205
P03	03°58'39"S	38°38'04"W	Serra de Aratanha	CE	665	154
P04	04°18'08"S	38°55'12"W	Baturité	CE	770	273
P05	03°33'43"S	40°27'39"W	Serra da Meruoca	CE	855	167
P06	03°35'01"S	41°05'29"W	Viçosa do Ceará	CE	732	220
P07	03°50'23"S	40°53'58"W	Ubajara - Serra Grande	CE	671	207
P08	03°53'52"S	38°43'17"W	Serra de Maranguape	CE	829	148
P09	04°08'19"S	40°44'29"W	Guaraciaba do Norte	CE	907	192
P10	04°24'49"S	39°02'15"W	Baturité - Aratuba	CE	826	203
P11	07°08'34"S	39°36'56"W	Nova Olinda do Araripe	CE	807	140
P12	07°13'16"S	39°28'29"W	Crato	CE	740	139
P13	07°22'04"S	39°19'48"W	Barbalha	CE	908	126
P14	07°33'17"S	39°16'21"W	Jardim Boca da Mata	CE	849	144
P15	07°36'25"S	35°25'55"W	São Vicente Férrer	PE	602	263
P16	08°17'55"S	35°35'06"W	Gravatá	PE	685	202
P17	08°09'29"S	35°45'14"W	Bezerros	PE	806	139
P18	08°12'03"S	36°24'32"W	Brejo da Madre de Deus	PE	1069	225
P19	08°20'27"S	36°46'39"W	Serra do Orubá	PE	1040	132
P20	08°22'40"S	36°01'49"W	Caruaru - Brejo dos Cavalos	PE	893	220

P21	08°59'20"S	36°33'46"W	Brejão	PE	817	137
P22	07°24'52"S	39°45'41"W	Exu - Araripe	PE	894	106
P23	07°49'15"S	38°03'23"W	Triunfo - Bico do Papagaio	PE	1103	110
P24	06°58'04"S	35°44'45"W	Areia	PB	612	249
P25	07°15'08"S	37°23'07"W	Maturéia - Pico do Jabre	PB	1069	89
P26	06°47'39"S	35°37'39"W	Borborema	PB	611	149
P27	07°09'27"S	35°49'56"W	Lagoa Seca	PB	601	140
P28	09°22'50"S	36°37'53"W	Palmeira dos Índios	AL	605	180
P29	08°52'11"S	36°29'58"W	Garanhuns	CE	850	140

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

O levantamento florístico foi feito a partir do banco de dados *online NeoTropical Tree* (NTT) (Oliveira-Filho, 2017). Este banco de dados contém uma lista de espécies arbóreas verificadas que é resultado de pesquisas publicadas, espécimes de herbários e levantamentos florísticos para as áreas distribuídas em toda a região biogeográfica neotropical, compilada ao longo de 25 anos. Os nomes das espécies foram verificados e padronizados de acordo com o The Plant List (TPL) (<http://www.theplantlist.org/>).

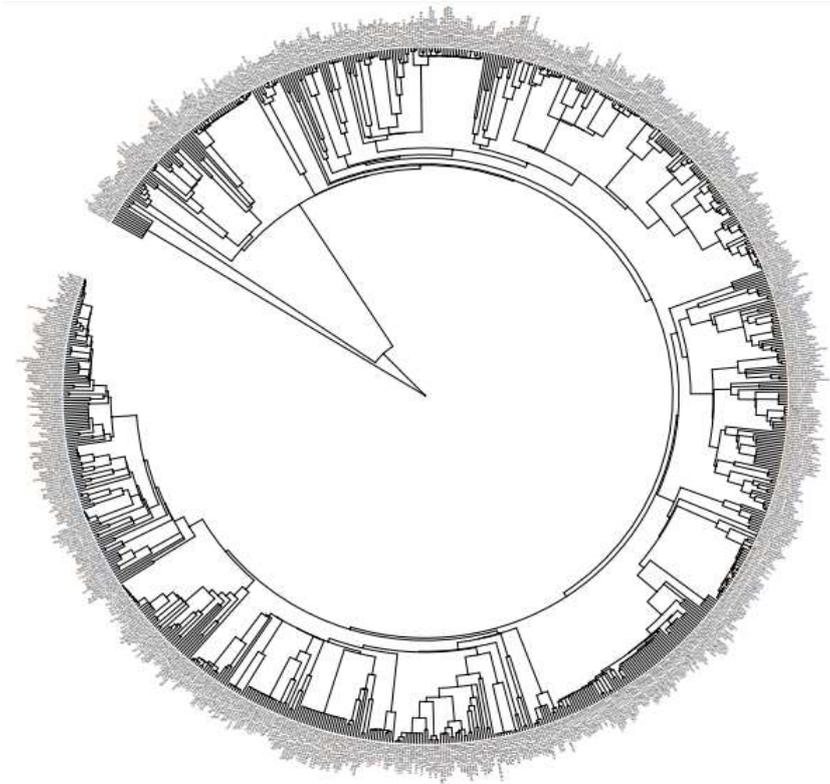
As variáveis bioclimáticas foram coletados para cada área a partir do WordClim (www.worldclim.org) (Fick & Hijmans, 2017), a distância do fragmento ao litoral e o tamanho da área foram coletadas no software Google Earth Pro, v. 7.3.4.8248. Foram utilizadas 19 variáveis bioclimáticas disponíveis no WorldClim (Como por exemplo: BIO1: Temperatura Média Anual, BIO2: Faixa Diurna Média, BIO3: Isotermalidade, BIO4: Sazonalidade de temperatura, BIO5: temperatura máxima do mês mais quente, BIO6: temperatura mínima do mês mais frio, BIO7: Faixa Anual de Temperatura, BIO8: temperatura média do trimestre mais chuvoso, BIO9: temperatura média do trimestre mais seco, BIO10: temperatura média do trimestre mais quente, BIO11: temperatura média do trimestre mais frio, BIO12: Precipitação Anual, BIO13: Precipitação do mês mais chuvoso, BIO14: Precipitação do mês mais seco, BIO15: Sazonalidade de precipitação, BIO16: Precipitação do trimestre mais úmido, BIO17: Precipitação do quarto mais seco, BIO18: Precipitação do trimestre mais quente, BIO19: Precipitação do trimestre mais frio).

2.2 Árvore filogenética

A mega árvore GBOTB.extended. (Jin and Qian 2019) é a maior filogenia disponível de plantas com sementes, com 74.533 espécies e consiste em uma filogenia molecular atualizada e corrigida de Smith and Brown (2018). Baseando-se no pool regional de espécies (espécies catalogadas) foi construída a árvore filogenética (Figura 2), que foi podada a partir da GBOTB.extended utilizando a função *phylo.maker* do pacote R *V.Phylomaker* (Jin and Qian

2019). Na construção da árvore foi utilizado a hipótese filogenética do cenário 3 para adição de ramos ausentes. Para definição do comprimento dos ramos dos táxons a serem inseridos é utilizado o v.Phylomaker, adicionando um gênero ausente entre o nó basal de sua respectiva família e uma espécie ausente entre o nó basal do seu respectivo gênero (Qian and Jin, 2016).

Figura 2 Árvore filogenética para as 828 espécies das 29 áreas de estudo.



Fonte: Árvore Filogenética - Anderson da Silva Pinto, 2021.

Após a árvore filogenética ser podada, havia nós internos, ou seja, 28.12% ramos não resolvidos e 71.88% dos ramos bem resolvidos. Com isso, poderia haver problemas nas análises seguintes. Para resolver as politomias foi utilizado o algoritmo bifurcat pacote R PDcalc (Nipperess and Wilson 2020).

2.3 Diversidade e estrutura filogenética

Para demonstrar o quão diferente entre si são as áreas, foi utilizado uma Ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) a partir da composição de espécies (presença e ausência), através da medida de distância de Jaccard. Para quantificar a diversidade e estrutura das foram utilizadas métricas filogenéticas. A Diversidade Filogenética de Faith

(PD) (Faith, 1992) indica se as áreas apresentam uma maior ou menor diversidade de linhagens do que esperado ao acaso, a Distância Média de pares (*Mean Pairwise Distance* – MPD), que é a distância filogenética média entre todas as combinações de pares de espécies e a Distância Média entre Vizinhos mais Próximos (*Mean Pairwise Taxon Distance* – MNTD), que é a média de distância entre os táxons mais próximos de cada área (Webb et al. 2002) e a riqueza de espécies cada área. Valores positivos de MPD e MNTD acima de 1.96 indicam dispersão filogenética, valores negativos abaixo de -1.96 indicam agrupamento filogenético e valores próximos entre 1.96 e -1.96 indicam padrão aleatório da comunidade (Webb et al. 2002). No entanto, essas métricas são sensíveis à riqueza, e por isso foram calculadas métricas padronizadas, tais como: ses.MPD e ses.MNTD. A padronização foi feita a partir de uma extração aleatória do mesmo número de espécies presentes em cada área 999 vezes. Com isso, a cada randomização feita, os valores de ses.MPD e ses.MNTD são calculados. Foi utilizado o pacote picante (Kembel et al. 2010) para calcular a diversidade filogenética e estrutura das áreas deste estudo.

2.4 Modelos Lineares Generalizados – GLM

Foram utilizados nove modelos de GLM (famílias Gaussiana e Poisson) (Tabela 2) para observar se fatores ambientais (distância do litoral, tamanho das áreas e variáveis bioclimáticas) influenciam a diversidade alfa das áreas. Foram utilizadas as 19 variáveis bioclimáticas do *WorldClim* (Hijmans et al. 2005), distância do litoral e tamanho das áreas como variáveis independentes (um total de 21) dentro do modelo, e riqueza, PD, sesMPD e sesMNTD como variáveis dependentes do modelo. Foram realizados pré-diagnósticos de colinearidade e linearidade para as 21 variáveis independentes. Para que fossem atendidos os pressupostos exigidos pela análise, foi realizado Q-Q Plots e o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) para testar a normalidade das variáveis dependentes. A colinearidade entre variáveis independentes foi verificada a partir do Fator de Inflação de Variância (VIF), através da função `vif` do pacote R `car` (Fox and Weisberg 2019)

Tabela 2 - Melhores Modelos Generalizados (GLM) entre as variáveis dependentes (riqueza, PD (Diversidade Filogenética de Faith, 1992), ses.MPD (*Mean Pairwise Distance* – MPD) e ses.sMNTD (*Mean Pairwise Taxon Distance*) e independentes (variáveis bioclimáticas, distância do oceano e tamanho da área). Onde: BIO2: Faixa Diurna Média, BIO3: Isotermalidade, BIO4: Sazonalidade de temperatura, BIO6: temperatura mínima do mês mais frio, BIO8: temperatura média do trimestre mais chuvoso, BIO9: temperatura média do trimestre mais seco, BIO12: Precipitação Anual, BIO13: Precipitação do mês mais chuvoso, BIO14: Precipitação do mês mais seco, BIO15: Sazonalidade de precipitação, BIO17: Precipitação do quarto mais seco, BIO18: Precipitação do trimestre mais quente, BIO19: Precipitação do trimestre mais frio.

Fórmula do modelo	Família
riqueza ~ BIO6 + BIO8 + BIO12 + BIO15 + BIO18 + BIO19	quasipoisson
riqueza ~ distância do oceano + tamanho da área	quasipoisson
ses.pd ~ BIO6 + BIO8 + BIO12 + BIO15 + BIO18 + BIO19	gaussian
ses.pd ~ distância do oceano + tamanho da área	gaussian
ses.mpd ~ BIO4 + BIO17 + BIO18 + BIO19	gaussian
ses.mpd ~ BIO13 + BIO9 + BIO14 + BIO19	gaussian
ses.mpd ~ distância do oceano + tamanho da área	gaussian
ses.mntd ~ BIO3 + BIO2 + BIO12 + BIO18 + elevação	gaussian
ses.mntd ~ distância do oceano + tamanho da área	gaussian

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Com isso, as variáveis presentes no modelo apresentam $VIF > 5$ (Borcard et al. 2018). A relação de linearidade foi realizada através da função *cumres* do pacote R *gof* (Holst, 2014), que calculou os valores dos testes de SUP e L2, onde o $p > 0.05$ indica relação de linearidade entre as variáveis dependentes e independentes, e o $p < 0.05$ indica uma relação de não linearidade. Foi realizada uma ANOVA a partir do pacote *car* para realizar uma análise de deviance que confirma os resultados encontrados no GLM. Todas as análises foram feitas no software R versão 4.0.2 (R Core Team 2020).

3 RESULTADOS

Foi encontrado um total de 828 espécies, 319 gêneros e 87 famílias. A partir da NMDS foi possível observar que há diferentes grupos formados a partir da composição de espécies (presença e ausência), onde o valor de stress foi de 0.167. Os resultados mostraram que variáveis ambientais têm influência na riqueza, diversidade e estrutura filogenética das áreas (Tabela 3). As variáveis BIO18: Precipitação do trimestre mais quente, BIO19: Precipitação do trimestre mais frio e a distância do litoral influenciam a riqueza de espécies e o PD das áreas estudadas. Quanto a estrutura filogenética, foi possível observar que as variáveis BIO4: Sazonalidade de temperatura e BIO13: Precipitação do mês mais chuvoso têm uma correlação significativa com o sesMPD, mas, neste caso, há uma relação negativa entre BIO4: Sazonalidade de temperatura o sesMPD e positiva com BIO13. Já o sesMNTD tem uma relação significativa positiva com BIO2: Faixa Diurna Média e BIO12: Precipitação Anual, mas negativa com BIO3: Isotermalidade. O tamanho da área apresentou relação significativa positiva com o sesMPD, mas negativa com o sesMNTD.

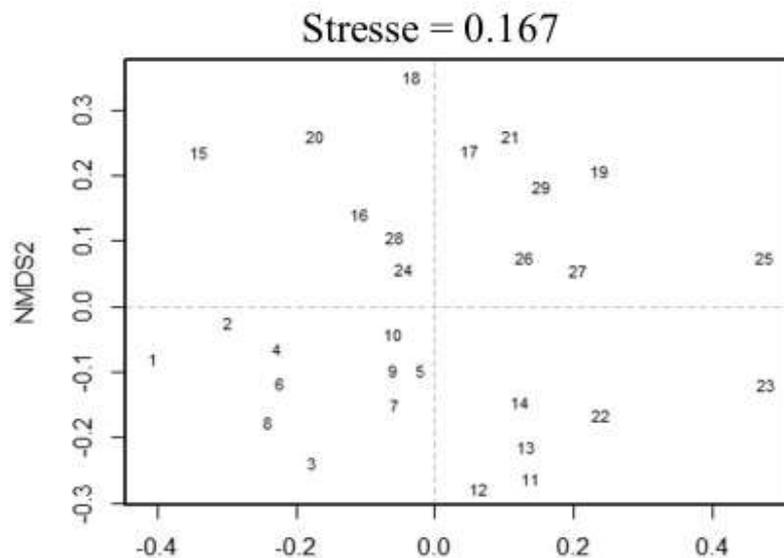
Tabela 3 - Resultados dos Melhores Modelos Generalizados (GLM) entre as variáveis dependentes (riqueza, PD, sesMPD e sesMNTD) e as variáveis independentes (variáveis bioclimáticas, distância do oceano e tamanho de área).

Fórmula	Variáveis	Intercept	p-value
riqueza ~ BIO6 + BIO8 + BIO12 + BIO15 + BIO18 + BIO19	BIO18: Precipitação do trimestre mais quente	1.570e-03	0.02939 *
family = "quasipoisson"	BIO19: Precipitação do trimestre mais frio	9,53E-01	0.00228 **
riqueza ~ distância do oceano + tamanho da área	Distância do oceano	-0.0015368	0.000557 ***
family = "quasipoisson"			
pd ~ BIO6 + BIO8 + BIO12 + BIO15 + BIO18 + BIO19	BIO18: Precipitação do trimestre mais quente	79.211	0.0341 *
family = "gaussian"	BIO19: Precipitação do trimestre mais frio	0.0341 *	0.0120 *
pd ~ distância do oceano + tamanho da área	Distância do oceano	-6.751	0.00133 **
family = "gaussian"			
ses.mpd ~ BIO4 + BIO17 + BIO18 + BIO19	BIO4: Sazonalidade de temperatura	-0.020364	0.0298 *
family = "gaussian"			
ses.mpd ~ BIO13 + BIO9 + BIO14 + BIO19	BIO13: Precipitação do mês mais chuvoso	0.010414	0.0117 *

family = "gaussian"			
ses.mpd ~ distância do oceano + tamanho da área	Tamanho da área	0.902017	0.00362 **
family = "gaussian"			
ses.mntd ~ BIO3 + BIO2 + BIO12 + BIO18 + Elevat	BIO3: Isotermalidade	-0.2369746	0.00277 **
family = "gaussian"	BIO2: Faixa Diurna Média	0.5103104	0.03659 *
	BIO12: Precipitação Anual	0.0018412	0.01797 *
ses.mntd ~ distância do oceano + tamanho da área	Tamanho da área	-0.443459	0.0140 *
family = "gaussian"			

Fonte: Elaborada pelo autor, 2021.

Figura 3 – Gráfico de Ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (NMDS) construído através da medida de distância de Jaccard (presença e ausência) da ocorrência de espécies arbóreas dos Brejos de Altitude do Nordeste do Brasil



Fonte: Klisman José dos Santos, 2022

Um total de 13 áreas apresentaram valores de ses.MPD entre -1.96 e 1.96 indicando que há um padrão aleatório, ou seja, não diferem do esperado ao acaso, cinco áreas apresentam ses.MPD acima de 1.96, indicando dispersão filogenética, e 11 áreas apresentaram valor abaixo de -1.96, o que indica agrupamento filogenético. Em relação ao ses.MNTD, cinco áreas apresentaram valores entre -1.96 e 1.96, indicando estrutura aleatória, e 24 áreas apresentaram valores abaixo de -1.96, o que indica agrupamento filogenético e nenhuma área apresentou valor acima de 1.96 que indicaria se há dispersão filogenética.

4 DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo mostram que os processos históricos e ambientais têm influência na estrutura, composição e diversidade filogenética nas áreas de Brejos de Altitude do nordeste brasileiro.

Resultados como o da relação significativa positiva entre a distância do oceano com a riqueza de espécies e diversidade filogenética (PD) corroboram a Teoria de Biogeografia de Ilhas (MacArthur & Wilson, 1963), mostrando que quanto mais distante do litoral, menor é a riqueza das áreas e menor é o PD. Estes resultados corroboram os trabalhos como o de Rodal e Sales, 2007; Bernini & Rezende, 2009; Nascimento; Rodal; Silva, 2012; Lucena et al., 2020. As variáveis ambientais relacionadas a precipitação (precipitação do trimestre mais quente e precipitação do trimestre mais frio) nos indicam que a sazonalidade climática exerce influência na riqueza de espécies e PD das áreas. O déficit hídrico na região de estudo é um fator importante/limitante na montagem das comunidades, e os resultados deste estudo mostram que quando há mais chuvas no período mais quente e no período mais frio, há maior riqueza e PD, ou seja, abrigam linhagens mais diversas, assim como prevê a TCH.

Quanto a estrutura filogenética das comunidades, a partir dos valores de $ses.MPD$ foi possível observar que 13 áreas apresentaram um padrão aleatório, onde o $ses.MPD$ está entre -1.96 e 1.96, que pode ser resultado de diversos fatores, como o equilíbrio entre forças ecológicas (competição e filtros abióticos) que moldam a estrutura da comunidade (Kembell & Hubbell, 2006). Do total, 11 áreas apresentaram o $ses.MPD$ com valores abaixo de -1.96, o que indica que há um agrupamento filogenético, o que pode sugerir que a filtragem ambiental está estruturando algumas comunidades, onde há grupos filogeneticamente próximos e que compartilham preferências de nicho (Webb et al., 2002; Kembell & Hubbell, 2006). Quanto as variáveis ambientais, o $ses.MPD$ teve relação significativa negativa com a sazonalidade da temperatura, indicando que o aumento da temperatura representa estresse às comunidades vegetais (Will et al., 2013), portanto, a sazonalidade climática exerce grande influência na estrutura filogenética das áreas estudadas. Uma relação da influência do estresse ambiental na estrutura filogenética também é vista por Qian et al., (2017) e Qian et al., (2019), onde ao comparar florestas boreais e tropicais na China, eles observaram que a diminuição da temperatura no mês mais frio, naquele gradiente ambiental, causa uma menor diversidade filogenética e agrupamentos filogenéticos. Como o $ses.MPD$ é utilizado para obter respostas relacionadas aos ramos mais antigos da árvore filogenética, pode-se imaginar que essa relação significativa negativa com a sazonalidade climática surgiu em linhagens mais antigas.

Quanto ao ses.MNTD, 24 áreas apresentaram valores abaixo de -1.96, indicando agrupamento filogenético, propondo que as espécies ocorrentes nessas áreas são filogeneticamente mais próximas do que esperado ao acaso (Swenson, 2014), indicando a importância dos filtros ambientais. O ses.MNTD é utilizado para testar hipóteses sobre ramos mais recentes da árvore filogenética, e ao observar a sua relação significativa positiva com a precipitação anual, isothermalidade e faixa diurna média, pode-se imaginar que seus baixos valores indicam que a tolerância a essas condições ambientais surgiram em linhagens mais jovens. Mas o ses.MNTD teve uma relação significativa negativa com o tamanho da área, indicando que quanto maior a área, menor o ses.MNTD, o que não era esperado no estudo.

Nossos resultados avaliam a importância relativa de fatores ambientais e biogeográficos na condução de padrões e estrutura filogenética nos Brejos de Altitude brasileiros, sugerindo que estes fatores podem ser importantes na compreensão da história e ecologia dessas áreas. Nossos resultados, ao abordar os ramos basais e mostrar a sua relação com fatores climáticos (precipitação anual, isothermalidade e faixa diurna média) podem servir de base para levantar discussões importantes sobre o futuro da biodiversidade frente as rápidas mudanças climáticas e a conservação destas áreas. As mudanças climáticas podem afetar a riqueza e composição destas áreas, colocando em risco a sua manutenção.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. A teoria dos refúgios: Origem e significado. **Revista do Instituto Florestal, Edição especial, São Paulo**, 1992.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Brasil, paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal matogrossense, patrimônios básicos**. Ateliê editorial, 2006.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE-LIMA, D. de. Present-day forest refuges in northeastern Brazil. **Biological diversification in the tropics**, v. 245, p. 251, 1982.
- ARAI, Mitsuru. Chapadas: relict of mid-Cretaceous interior seas in Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 30, n. 3, p. 436-438, 2000.
- BANDA, Karina et al. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383-1387, 2016.
- BERNINI, Elaine; REZENDE, Carlos Eduardo. Variação estrutural em florestas de mangue do estuário do rio Itabapoana, ES-RJ. **Biotemas**, v. 23, n. 1, p. 49-60, 2010.
- BORCARD, Daniel; GILLET, François; LEGENDRE, Pierre. **Numerical ecology with R**. Springer, 2018.
- CARVALHO, D. A. *et al.* Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma Floresta Ombrófila Alto-Montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 91-109, 2005.7
- CAVENDER-BARES, Jeannine et al. The merging of community ecology and phylogenetic biology. **Ecology letters**, v. 12, n. 7, p. 693-715, 2009.
- CORRÊA, ACB. TAVARES; BAC; MONTEIRO, KA; CAVALCANTI, LCS; LIRA; DR Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico, São Paulo**, v. 31, n. 1-2, p. 35-52, 2010.
- CHASE, Jonathan M. Stochastic community assembly causes higher biodiversity in more productive environments. **Science**, v. 328, n. 5984, p. 1388-1391, 2010.
- CHAVE, Jérôme. III. 2 Competition, Neutrality, and Community Organization. In: **The Princeton guide to ecology**. Princeton University Press, 2009. p. 264-273.
- DASILVA, Marcio Bernardino; PINTO-DA-ROCHA, Ricardo; DESOUSA, Adriano Medeiros. História biogeográfica da Mata Atlântica: opiliões (Arachnida) como modelo para

sua inferência. **Biogeografia da América do Sul. Padrões & Processos'**.(Eds CJB Carvalho and EAB Almeida.) pp, p. 221-238, 2011.

De Queiroz, R.T., De Souza, B.I., Souza, J.J.L.L., De Medeiros, J.R., Da Fonseca, C.F., Cardoso, E.C.M., 2021. Extending the limits of Campos Rupestres in Brazil. *Caminhos Geogr.* 22, 115–137. <https://doi.org/10.14393/RCG228255806>

DE SOUZA, José João Lelis Leal et al. Organic carbon rich-soils in the brazilian semiarid region and paleoenvironmental implications. **CATENA**, v. 212, p. 106101, 2022.

DEXTER, Kyle G. et al. Inserting tropical dry forests into the discussion on biome transitions in the tropics. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 6, p. 104, 2018.

DOS SANTOS, H. G. et al. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. **Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E)**, 2011.

DRYFLOR, K. Banda-R. et al. GM Rodríguez M. 2016.

FAITH, Daniel P. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. **Biological conservation**, v. 61, n. 1, p. 1-10, 1992.

FARR, Tom G. et al. The shuttle radar topography mission. **Reviews of geophysics**, v. 45, n. 2, 2007.

FICK, Stephen E.; HIJMANS, Robert J. WorldClim 2: novas superfícies climáticas de resolução espacial de 1 km para áreas terrestres globais. **Revista Internacional de Climatologia** , v. 37, n. 12, pág. 4302-4315, 2017.

FOX, John; WEISBERG, Sanford. **An R companion to applied regression**. Sage publications, 2018.

GODOY, Oscar; KRAFT, Nathan JB; LEVINE, Jonathan M. Phylogenetic relatedness and the determinants of competitive outcomes. **Ecology letters**, v. 17, n. 7, p. 836-844, 2014.

GUARIGUATA, Manuel R. et al. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. 2002.

GRAHAM, Catherine H.; FINE, Paul VA. Phylogenetic beta diversity: linking ecological and evolutionary processes across space in time. **Ecology letters**, v. 11, n. 12, p. 1265-1277, 2008.

HARMON-THREATT, Alexandra N.; ACKERLY, David D. Filtering across spatial scales: phylogeny, biogeography and community structure in bumble bees. **PLoS One**, v. 8, n. 3, p. e60446, 2013.

HIJMANS, Robert J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

HOLST KK (2014) **gof: model-diagnostics based on cumulative residuals**.

JETZ, Walter; FINE, Paul VA. Global gradients in vertebrate diversity predicted by historical area-productivity dynamics and contemporary environment. **PLoS biology**, v. 10, n. 3, p. e1001292, 2012.

JIN, Yi; QIAN, Hong. V. PhyloMaker: an R package that can generate very large phylogenies for vascular plants. **Ecography**, v. 42, n. 8, p. 1353-1359, 2019.

J.J. Wiens, C.H. Graham **Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology** *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36 (2005), pp. 519-539

KELLY, Colleen K. et al. Phylogeny, niches, and relative abundance in natural communities. **Ecology**, v. 89, n. 4, p. 962-970, 2008.

KEMBEL, Steven W.; HUBBELL, Stephen P. The phylogenetic structure of a neotropical forest tree community. **Ecology**, v. 87, n. sp7, p. S86-S99, 2006.

KEMBEL, Steven W. et al. R tools for integrating phylogenies and ecology. **R Package ‘picante**, 2010.

KOZAK, Kenneth H.; WIENS, John J. Phylogeny, ecology, and the origins of climate–richness relationships. **Ecology**, v. 93, n. sp8, p. S167-S181, 2012.

LOSOS, Jonathan B. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationship between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. **Ecology letters**, v. 11, n. 10, p. 995-1003, 2008.

LUCENA, Danielly da Silva et al. Plantas trepadeiras em afloramentos rochosos no nordeste do Brasil: padrões de riqueza, similaridade florística e síndromes de dispersão. **Rodriguésia**, v. 71, 2020.

MACARTHUR, Robert H.; WILSON, Edward O. **The theory of island biogeography**. Princeton university press, 2016.

MAGALHAES, I. L. F. et al. Phylogeny of Neotropical Sicarius sand spiders suggests frequent transitions from deserts to dry forests despite antique, broad-scale niche conservatism. **Molecular phylogenetics and evolution**, v. 140, p. 106569, 2019.

MILES, Lera et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006.

MONTEIRO, Evoni Antunes; FISCH, Simey Thury Vieira. Estrutura e padrão espacial das populações de *Bactris setosa* Mart e *B. hatschbachii* Noblick ex A. Hend (Arecaceae) em um gradiente altitudinal, Ubatuba (SP). **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, p. 111-117, 2005.

MORELLATO, L. Patrícia C.; HADDAD, Célio FB. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000.

MORO, Marcelo Freire et al. The role of edaphic environment and climate in structuring phylogenetic pattern in seasonally dry tropical plant communities. **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0119166, 2015.

NASCIMENTO, Ladivania Medeiros do; RODAL, Maria Jesus Nogueira; SILVA, Alexandre Gomes da. Florística de uma floresta estacional no Planalto da Borborema, nordeste do Brasil. **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 429-440, 2012.

NIPPERESS, D.; WILSON, P. PDcalc: an implementation of the phylogenetic diversity (PD) calculus in R. **R package v. 0.3. 2.9000**, 2020.

NOVOTNY, Vojtech et al. Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. **Nature**, v. 416, n. 6883, p. 841-844, 2002.

Oliveira-Filho A (2017) NeoTropTree, Flora arbórea da Região Neotropical: Um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação. <http://www.neotropree.info>

PENNINGTON, R. Toby; LAVIN, Matt; OLIVEIRA-FILHO, Ary. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, p. 437-457, 2009.0

PITMAN, Nigel CA et al. A comparison of tree species diversity in two upper Amazonian forests. **Ecology**, v. 83, n. 11, p. 3210-3224, 2002.

PHILLIPS, Oliver L. et al. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976–2001. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 359, n. 1443, p. 381-407, 2004.

QIAN, Hong; JIN, Yi. An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and an analysis of phylogenetic community structure. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 2, p. 233-239, 2016.

QIAN, Hong; CHEN, Shengbin; ZHANG, Jin-Long. Disentangling environmental and spatial effects on phylogenetic structure of angiosperm tree communities in China. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

QIAN, Hong et al. Dispersão filogenética e diversidade em assembleias regionais de plantas com sementes na China. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 116, n. 46, pág. 23192-23201, 2019.

RICKLEFS, Robert E. Evolutionary diversification and the origin of the diversity–environment relationship. **Ecology**, v. 87, n. sp7, p. S3-S13, 2006.

RODAL, MJN; BARBOSA, MRV; THOMAS, William Wayt. As florestas sazonais do nordeste brasileiro representam uma única unidade florística?. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 68, n. 3, pág. 467-475, 2008.

RODAL, Maria Jesus Nogueira; SALES, Margareth Ferreira. Panorama of the montane forests of Pernambuco, Brazil. **The Atlantic coastal forest of northeastern Brazil**, p. 541-559, 2008.

SILVA, Igor Aurélio; BATALHA, Marco Antonio. Co-occurrence of tree species at fine spatial scale in a woodland cerrado, southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 200, n. 2, p. 277-286, 2009.

SMITH, Stephen A.; BROWN, Joseph W. Constructing a broadly inclusive seed plant phylogeny. **American journal of botany**, v. 105, n. 3, p. 302-314, 2018.

Swenson, N. G., Enquist, B. J., Thompson, J., & Zimmerman, J. K., 2007. The influence of spatial and size scale on phylogenetic relatedness in tropical forest communities. *Ecology*, 88, 1770-1780. <https://doi.org/10.1890/06-1499.1>

SWENSON, Nathan G. **Functional and phylogenetic ecology in R**. New York: Springer, 2014.

TABARELLI, Marcelo; SANTOS, André Mauricio Melo. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba, História Natural, Ecologia e Conservação**, v. 9, p. 17-24, 2004.

THOMAS, Chris D. et al. Extinction risk from climate change. **Nature**, v. 427, n. 6970, p. 145-148, 2004.

TOKESHI, Mutsunori. Niche apportionment or random assortment: species abundance patterns revisited. **The Journal of animal ecology**, p. 1129-1146, 1990.

WEIHER, Evan; KEDDY, Paul (Ed.). **Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats**. Cambridge University Press, 2001.

WEIGELT, Patrick et al. Late Quaternary climate change shapes island biodiversity. **Nature**, v. 532, n. 7597, p. 99-102, 2016.

WEBB, C. O.; ACKERLY, D. D. M. a. McPeck, MJ Donoghue. **Phylogenies and community ecology**. **Annu. Rev. Ecol. Syst**, v. 33, p. 475-505, 2002.

WERNECK, Fernanda P. The diversification of eastern South American open vegetation biomes: historical biogeography and perspectives. **Quaternary Science Reviews**, v. 30, n. 13-14, p. 1630-1648, 2011.

WIENS, John J.; DONOGHUE, Michael J. Historical biogeography, ecology and species richness. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 12, p. 639-644, 2004.

WILL, Rodney E. et al. Increased vapor pressure deficit due to higher temperature leads to greater transpiration and faster mortality during drought for tree seedlings common to the forest–grassland ecotone. **New Phytologist**, v. 200, n. 2, p. 366-374, 2013.

WHITTAKER, Robert J.; WILLIS, Katherine J.; FIELD, Richard. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. **Journal of biogeography**, v. 28, n. 4, p. 453-470, 2001.