



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**

**INSTITUTO DE BIOLOGIA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
BIOMONITORAMENTO**



**Diversidade e estrutura filogenética das assembleias de  
Aves da Caatinga**

**LUCAS MARCEL PAGANI PASSOS**

**Orientador:**

**Dr. Henrique Batalha Filho**

**Salvador, março de 2018**

**LUCAS MARCEL PAGANI PASSOS**

**Diversidade e estrutura filogenética das assembleias de Aves da  
Caatinga**

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia  
e Biomonitoramento, como parte dos  
requisitos exigidos para obtenção  
do título de Mestre em  
Ecologia e Biomonitoramento.

Orientador: Dr. Henrique Batalha Filho

**Salvador, março de 2018**

**Diversidade e estrutura filogenética das assembleias de Aves da  
Caatinga**

**LUCAS MARCEL PAGANI PASSOS**

**Banca examinadora:**

**Orientador:**

---

**Dr. Henrique Batalha Filho**

**Titulares:**

---

**Dr. Helder Farias Pereira de Araújo**

---

**Dr. Ricardo Dobrovolski**

**Salvador, março de 2018**

**“Prezo insetos mais que aviões.  
Prezo a velocidade  
das tartarugas  
mais que a dos mísseis.  
Tenho em mim  
esse atraso de nascença.  
Eu fui aparelhado  
para gostar de passarinhos.  
Tenho abundância  
de ser feliz por isso.  
Meu quintal  
É maior do que o mundo.”**

**(Manoel de Barros)**

## **Agradecimentos**

Meu muito obrigado,

Aos meus pais, Edvaldo e Ana Cristina pelo amor incondicional e pelo o apoio e ensinamentos sempre que necessários.

Aos meus irmãos, Carolina e Marcus pela amizade, cumplicidade e paciência.

Ao Henrique Batalha Filho, por ser esse excelente orientador, sempre me ajudando quando necessário.

À minha namorada, Maiane, pelo carinho, amor, e principalmente paciência e compreensão nos momentos de “hoje não dá, to pegado com a dissertação!”

Aos colegas de laboratório, Rilquer, Mario, Ivan, Sidnei, Rafael, Elaine, Silvia e Léo, pela troca de conhecimento, ajuda, incentivo e contribuições.

Aos amigos dos laboratórios vizinhos, principalmente Walter e Daniel pela ajuda na hora que o R não colaborava.

Aos membros da Biobahia, Anchieta, Artur e Heigon, pela ajuda nas correções, incentivo pelo o incentivo e contribuições.

Aos membros da banca, Helder Farias Pereira de Araújo e Ricardo Dobrovolski, por terem aceitado o convite para participarem da banca examinadora desta dissertação.

Aos Piratas da Bahia, pelas incansáveis risadas e ensinamentos.

Aos Ornitofuleiros, pelas valiosas discussões que tanto acrescentaram e acrescentam na minha formação profissional.

Aos meus amigos, por me alegrarem e tornarem a vida mais fácil.

Aos professores e colegas de turma, pelo tempo e sabedoria dedicados a minha formação.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a meu crescimento.

**Muito obrigado!**

## Sumário

<b>Apresentação.....</b>	<b>1</b>
<b>Diversidade e estrutura filogenética das assembleias de Aves da Caatinga .....</b>	<b>4</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>5</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>6</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>6</b>
<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>10</b>
<b>Resultados .....</b>	<b>14</b>
<b>Discussão .....</b>	<b>20</b>
<b>Conclusão.....</b>	<b>24</b>
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>25</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>36</b>

# APRESENTAÇÃO

## ONDE ESTÃO AS AVES DA CAATINGA?

**Fatores ecológicos, evolutivos e ambientais que afetam a sua distribuição.**

**Lucas Pagani-Passos**

Por muito tempo acreditou-se que a Caatinga era um bioma homogêneo, pouco diverso, com baixo grau de endemismo - que são espécies que só ocorrem em determinado local - e pouco alterado pela ação antrópica, fazendo com que poucos estudos sobre sua biodiversidade fossem realizados. Contudo, nos últimos anos houve um aumento nos esforços para maior conhecimento acerca desse bioma. Hoje, sabe-se que a Caatinga possui grande biodiversidade com 932 espécies de plantas, 187 espécies de abelhas, 246 espécies de peixes, 175 espécies da herpetofauna (répteis e anfíbios), 510 espécies de aves e 156 espécies de mamíferos. O grau de endemismo é bastante variável nesses grupos, com 318, 136, 21, 15 e 12 espécies endêmicas para plantas, peixes, herpetofauna, aves e mamíferos, respectivamente. Porém pesquisas apontam que cerca de 40% da área do bioma não recebeu nenhum tipo de pesquisa e 80% foi mal estudada, fazendo com que muitas lacunas sobre o conhecimento ainda permaneçam abertas.

Uma dessas lacunas se refere à biogeografia, que é o ramo da biologia que estuda a distribuição das espécies no espaço e no tempo. Assim a mudança na composição das espécies pode ser causada por fatores ambientais, evolutivos e biológicos, sendo que mudanças bruscas na composição das espécies podem indicar limites de distribuição entre espécies, sinalizando áreas com composições muito distintas que provavelmente passaram por processos históricos diferentes. Pelo seu aspecto interdisciplinar o estudo dos padrões

de distribuição das espécies é um tema fundamental para o entendimento da história evolutiva do bioma, bem com subsidiar ações de conservação.

Dentro dessa área do conhecimento poucos trabalhos foram realizados com o intuito de explicar quais os fatores afetam a distribuição das aves ao longo desse bioma, e quando o fazem dão o enfoque mais restrito, analisando pequenas áreas, e mesmo assim esses trabalhos não encontraram padrões similares, sem um fator agregador.

Contudo a maioria dos estudos se debruça para o estudo da biogeografia somente olhando para a distribuição das espécies deixamos de lado toda a história evolutiva que aquele táxon passou. Sendo assim os estudos sobre os padrões de distribuição das espécies torna-se mais completo quando incorporamos os dados filogenéticos, que seriam as relações de parentesco e evolutiva das espécies, ao invés de simplesmente as espécies. O avanço tecnológico dos últimos anos resultou em um maior número de filogenias, que são as “árvores da vida”, para diversos grupos animais. Atualmente essas árvores são montadas com base em dados moleculares, extraídos do DNA e características morfológicas das espécies, tornando-as mais precisas e robustas.

Assim, o pesquisador Daniel Faith em 1992 propôs a medida de Diversidade Filogenética, que seria uma medida de diversidade alternativa às medidas tradicionais. Ele defendia que essa medida é mais robusta que as demais por incorporar relações filogenéticas entre os táxons, assim refletindo a história evolutiva dos mesmos. Diante disso, Webb e colaboradores buscaram entender como os processos ecológicos e evolutivos determinam a distribuição e estruturação das espécies nas comunidades, criando a “Filogenia e Ecologia de Comunidades”. Em suas ideias ele postula que a coexistência das espécies é possível pela interação entre os traços funcionais das espécies, que são características morfológicas que influenciam processos ecológicos e são reflexo das relações de parentesco entre elas; os filtros ambientais, que nesse caso estamos considerando a temperatura, precipitação elevação altitudinal; e processos ecológicos como competição.

Desta forma os estudos que estão sendo realizados no Laboratório de Biogeografia e Evolução no Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia buscam incorporar a diversidade filogenética no estudo biogeográfico das aves da Caatinga, tornando essa análise mais robusta e informativa, ajudando a compreender a história evolutiva do bioma e dessa forma melhor embasar ações de conservação para a Caatinga.

**Diversidade e estrutura filogenética das assembleias de Aves da Caatinga**

Artigo a ser submetido ao periódico *Journal of Arid Enviroments*

# Diversidade e estrutura filogenética das assembleias de Aves da Caatinga

Lucas Pagani-Passos<sup>1</sup>, Henrique Batalha-Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação de Ecologia e Biomonitoramento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo, s/n, 40.170.115, Ondina Salvador, Bahia, Brasil.

## Resumo

Entender os padrões e processos que moldaram a distribuição das espécies é essencial para compreender a história evolutiva de qualquer bioma, bem como subsidiar ações para conservação. Contudo, a maioria destes estudos foram realizados levando em consideração somente riqueza e abundância das espécies associadas aos fatores climáticos, não levando em consideração os aspectos evolutivos e ecológicos, fator esse essencial para obtenção de resultados mais acurados sobre os padrões de distribuição das espécies, bem como quais variáveis influenciam esses padrões. Deste modo, no presente trabalho adicionamos o componente filogenético ao estudo da diversidade e estrutura filogenética das assembleias de Aves da Caatinga. Para tal foi calculada a riqueza, diversidade filogenética, e *turnover* de espécies (GDM) e filogenético (*Phylo*-GDM) das assembleias de aves da Caatinga. Nossos resultados evidenciaram um maior número de espécies em áreas limítrofes do bioma, em contato com os biomas Cerrado e a Mata Atlântica. Também foi possível resgatar quatro grandes áreas de quebra de *turnover* para o modelo GDM e cinco grandes áreas para o *Phylo*-GDM. As análises apontaram a precipitação como a principal variável climática associada aos modelos de *turnover* de assembleias ao longo da Caatinga, tanto com base em riqueza quanto com base nas relações filogenéticas. Dessa forma, a inclusão de informações sobre a história evolutiva das espécies permitiu uma melhor previsão sobre a estruturação das atuais assembleias de aves ao longo da Caatinga. Os próximos passos é a inserção de dados funcionais e mais variáveis ambientais que tornem os modelos mais robustos.

## **Abstract**

Unraveling patterns and processes that shaped species distribution is essential to comprehend the evolutionary history of any biome, as well as to help conservation actions. However, studies on species distribution have been carried out considering only the richness and abundance of species associated with the factors climatic factors, disregarding the interplay between evolutionary and ecological aspects, which is fundamental for obtaining more accurate results on the species distribution patterns and which variables are influencing these patterns. In this way, in this work we used the phylogenetic information to comprehend the diversity and phylogenetic structure of bird assemblages from the Caatinga. Herein we estimated species richness, phylogenetic diversity, and composition turnover based on species richness (GDM) and phylogenetic relationships (Phylo-GDM) of the Caatinga bird assemblages. Our results evidenced higher species richness and phylogenetic diversity in the boundary of Caatinga, surrounding Cerrado and Atlantic Forest biomes. We also observed four large clusters based on turnover from GDM model and five large clusters based on Phylo-GDM. These models indicated precipitation as the main climatic variable associated with the species turnover throughout the Caatinga, both based on richness and phylogenetic relationships. In this way, the inclusion of information on the evolutionary history of species allowed a better prediction of the structure of the current bird assemblages along the Caatinga. The next steps are the insertion of functional data and more environmental variables that make the models more robust.

## **Introdução**

A biogeografia é o ramo da biologia que estuda padrões e processos da distribuição das espécies no espaço e no tempo, sendo a distribuição das espécies determinada pela sua interação com os meios bióticos e abióticos. Assim, entender os padrões e processos que moldaram a distribuição das espécies é essencial para compreender a história evolutiva de qualquer bioma, bem como subsidiar ações para conservação (Dryflor *et al.*, 2016; Whittaker *et al.*, 2005).

Historicamente o estudo da distribuição das espécies se deu principalmente em função da riqueza e abundância das mesmas associadas a fatores climáticos (Magurran, 2004). Entretanto, essa é uma visão muito simplista da biodiversidade, pois diversos outros fatores podem influenciar a composição de espécies em uma assembleia. Além dos fatores climáticos, os filtros ambientais como distância geográfica, altitude, condições edáficas entre outros influenciam na estrutura e distribuição das assembleias (Arruda *et al.*, 2017a; Hutchinson, 1957; Saiter *et al.*, 2016). Deste modo, os estudos que buscam compreender os padrões e processos de distribuição das espécies precisam incorporar diversos fatores evolutivos e ecológicos para se obter inferências mais acuradas. Como processos evolutivos podemos citar especiação e migração, e ambos podem ter influência nos padrões atuais das assembleias (Hortal *et al.*, 2012; Ricklefs, 2008; Webb *et al.*, 2002). Processos ecológicos como a competição e predação podem limitar a coexistência de determinadas espécies em função da competição interespecífica (Webb *et al.*, 2002). Assim a integração das disciplinas ecologia e evolução é extremamente útil para entender os padrões de distribuição das espécies, e dessa forma minimizar as lacunas do causadas pelos déficits Wallaceano, que se refere à falta de conhecimento sobre a distribuição das espécies; e o Darwiniano, que aborda a falta de conhecimento sobre aspectos evolutivos das espécies (Hortal *et al.*, 2015).

Durante muito tempo, o estudo das assembleias biológicas, e como elas estão distribuídas no espaço se deu em função da riqueza e abundância das espécies, gerando os tradicionais índices de diversidades (riqueza, *Shannon*, *Simpson*, etc.) (Cianciaruso *et al.*, 2009). Todavia, quando resumimos as informações das assembleias a esses índices, ocorre uma perda de informação sobre a história evolutiva, mascarando possíveis mudanças que ocorreram nas assembleias. Para solucionar esse problema, Faith (1992) propôs uma medida que incorpora a relação filogenética: o índice de Diversidade Filogenética (DF - do inglês *Phylogenetic Diversity*). Assim, ao incorporar as relações filogenéticas dos táxons, são acrescentadas informações evolutivas das espécies, gerando respostas mais precisas sobre as assembleias estudadas.

Outro trabalho que trouxe grande contribuição para os estudos biogeográficos, e que mais tarde iria ajudar ainda mais incorporando os dados de DF, foi o trabalho de Ferrier *et al.* (2007),

por meio da abordagem usando *Generalized Dissimilarity Modelling* (GDM). Essa abordagem é uma análise estatística para prever padrão espacial de *turnover* (mudança na composição de espécies) ao longo de uma área de estudo, que está sob a influência de diversos filtros ambientais, por meio da modelagem da diversidade Beta (Ferrier *et al.* 2007). Nesse modelo uma abordagem estatística é usada para analisar e prever o padrão espacial da diversidade Beta que relaciona a diversidade biológica (ou filogenética) com a distância no espaço ambiental (Ferrier *et al.*, 2007). Através da análise do *turnover* é possível identificar áreas com maior ou menor similaridade, permitindo subsidiar tomadas de decisão referente à escolha de áreas para conservação. Também é possível visualizar as áreas com grande dissimilaridade, e que podem ser interpretadas como indicativas do limite de uma assembleia. Essas discontinuidades nas assembleias (*turnover*) podem indicar barreiras ligadas a processos históricos que moldaram a biota da região (Ferrier *et al.*, 2007; Saiter *et al.* 2014).

Recentemente, a abordagem integrativa *Phylo-GDM* (*Phylogenetic Generalized dissimilarity modelling*) foi proposta no intuito de integrar todos esses fatores (evolutivos, ecológicos e ambientais) (Graham & Fine, 2008; Rosauer *et al.* 2014). Através dessa análise é possível observar o *turnover* filogenético ao longo de grandes áreas de estudo. Ao incorporar a história evolutiva dos táxons (relação filogenética) no método é possível conectar os processos de interação biótica e filtros ambientais com os processos evolutivos. Dessa forma pode-se obter uma melhor percepção dos mecanismos que estão influenciando os padrões de distribuição e estruturação dos organismos (Graham & Fine, 2008; Rosauer *et al.* 2014).

Neste estudo nós investigamos o *turnover* na composição de assembleias de Aves ao longo da Caatinga com base em componentes ecológicos e evolutivos da diversidade. As Aves compreendem um excelente grupo de estudo, pois figura entre os vertebrados mais bem estudados, com disponibilidade de informações sobre distribuição, morfologia, história natural, ecologia, comportamento, evolução e filogenia (Jetz *et al.*, 2012; Sick, 1997). Além disso, o táxon Aves é o grupo de vertebrados terrestres com maior número de espécies, ultrapassando 10.000, e com distribuição ao longo de todo o globo terrestre, ocupando uma enorme diversidade de nichos ecológicos (Jetz. *et al.*, 2012).

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, ocupando aproximadamente 11% de todo o território nacional. Segundo Velloso *et al.* (2000) a Caatinga pode ser dividida em oito ecorregiões: Complexo de Campo Maior, Complexo Ibiapaba – Araripe, Depressão Sertaneja Setentrional, Planalto da Borborema, Depressão Sertaneja Meridional, Dunas do São Francisco, Complexo da Chapada Diamantina, Raso da Catarina (Figura S2, Anexo). Essa divisão ocorre de acordo com o tipo vegetação, solo, clima, geomorfologia e geologia, que são fatores que controlam a distribuição da biodiversidade e caracterizam os processos ecológicos que ocorrem em determinado local, sendo úteis para traçar planos para conservação. Esse bioma apresenta como principal característica seu clima semiárido e quente, com longa estação seca, de 6 a 9 meses, o que resulta em uma vegetação decídua e xérica, e devido a essa aparência vem o significado do seu nome, que em Tupi-Guarani é “floresta branca” (Albuquerque & Bandeira, 1995). Contudo, devido a sua característica “seca”, durante muitos anos foi tida como um ambiente homogêneo e dessa forma poucos estudos foram desenvolvidos nesse bioma. Dessa forma, esse é um dos biomas brasileiro menos estudados, existindo diversas lacunas sobre o seu conhecimento (Albuquerque *et al.*, 2012).

A Caatinga por sua vez é considerada um importante centro de endemismo para aves. Estima-se que 548 espécies de aves ocupem esse bioma, sendo centro de origem para 67 espécies e subespécies (Araujo & Silva, 2017). Contudo, existem muitas lacunas a respeito dos padrões de distribuição das espécies no bioma e como os aspectos evolutivos e ecológicos das aves influenciam tais padrões. Uma hipótese para explicar o padrão de distribuição das aves postula que a distribuição das espécies ao longo do bioma está relacionada com a forte sazonalidade do ambiente (Araujo & Silva, 2017). Tal fator é considerado um dos principais influenciadores na composição da avifauna, onde muitas espécies exibem associação com as chuvas, “seguindo” as manchas úmidas e verdes que estas geram (Araujo & Silva, 2017; Olmos *et al.*, 2005). Outra hipótese refere-se à influência que os biomas adjacentes exercem na composição da avifauna da Caatinga (Araujo & Silva, 2017). Nesse cenário, as áreas de contato com os biomas vizinhos (Cerrado e Mata Atlântica) tendem a ter mais espécies devido ao intercâmbio biótico, do que as áreas centrais do bioma, sendo o intercâmbio entre os biomas mais importante para a formação da

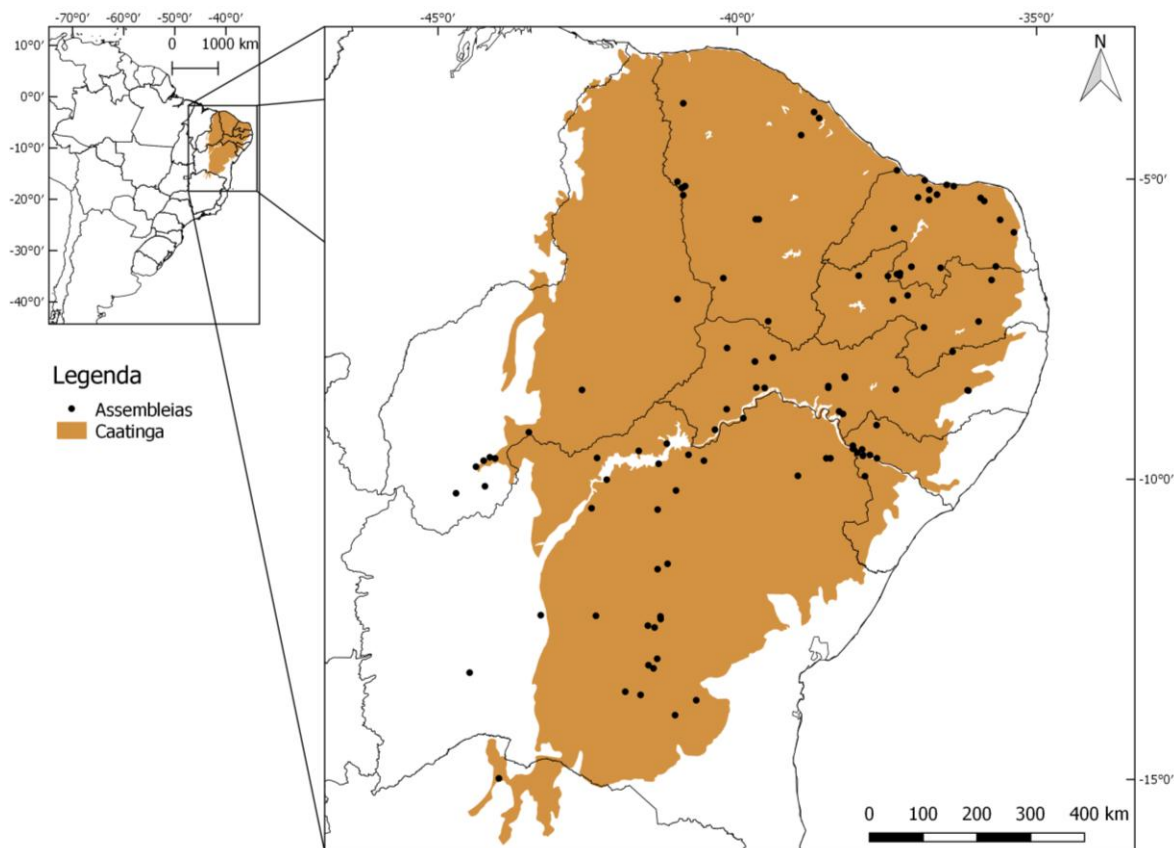
avifauna, do que os eventos de especiação dentro bioma (Araujo & Silva, 2017; Gonçalves *et al.*, 2017; Mesquita *et al.*, 2017; Silva, 1996; Silva & Santos, 2005). Deste modo, por agregar aspectos evolutivos e ecológicos, o estudo da diversidade e estrutura filogenética das aves da Caatinga se mostra promissor para compreender os padrões de distribuição desse grupo no bioma, bem como para auxiliar estratégias para sua conservação.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a diversidade e estrutura filogenética das assembleias Aves na Caatinga, buscando elucidar as lacunas do conhecimento sobre a avifauna do bioma. Para isso nos especificamente avaliamos: (i) a riqueza e DF de assembleias de aves ao longo da Caatinga; (ii) estimamos o *turnover* de riqueza e filogenético (GDM x *Phylo*-GDM) ao longo do bioma; (iii) inferimos qual variável ambiental melhor explica a estrutura das assembleias; (iv) avaliar se os *turnovers* das assembleias estão relacionados com processos históricos do bioma.

## **Materiais e Métodos**

### **Área de estudo**

A área de estudo foi o bioma Caatinga (*lato senso*; Figura 01), que é o único exclusivamente brasileiro, ocupando uma área de 844.453 km<sup>2</sup> do território nacional, estendendo por todos os estados da região Nordeste e parte do norte de Minas Gerais (IBGE 2004; MMA 2007). Uma das principais características climáticas da Caatinga é a presença de uma longa estação seca, de 6 a 9 meses, e em algumas regiões como no Raso da Catarina esse período pode chegar a 11 meses, contudo nos brejos úmidos esse período é somente de dois a três meses (Ab'Sáber, 2003; Prado, 2003). Além disso, apresenta baixos índices pluviométricos, com médias anuais em torno de 268 a 800 mm (Ab'Sáber, 2003). O bioma sofre grande pressão antrópica, dados do MMA (2011) apontam que até 2009, 45,62% da Caatinga já tinha sido desmatada, sendo que apenas 1% de toda sua área encontra-se protegida por unidades de conservação integral (MMA, 2011).



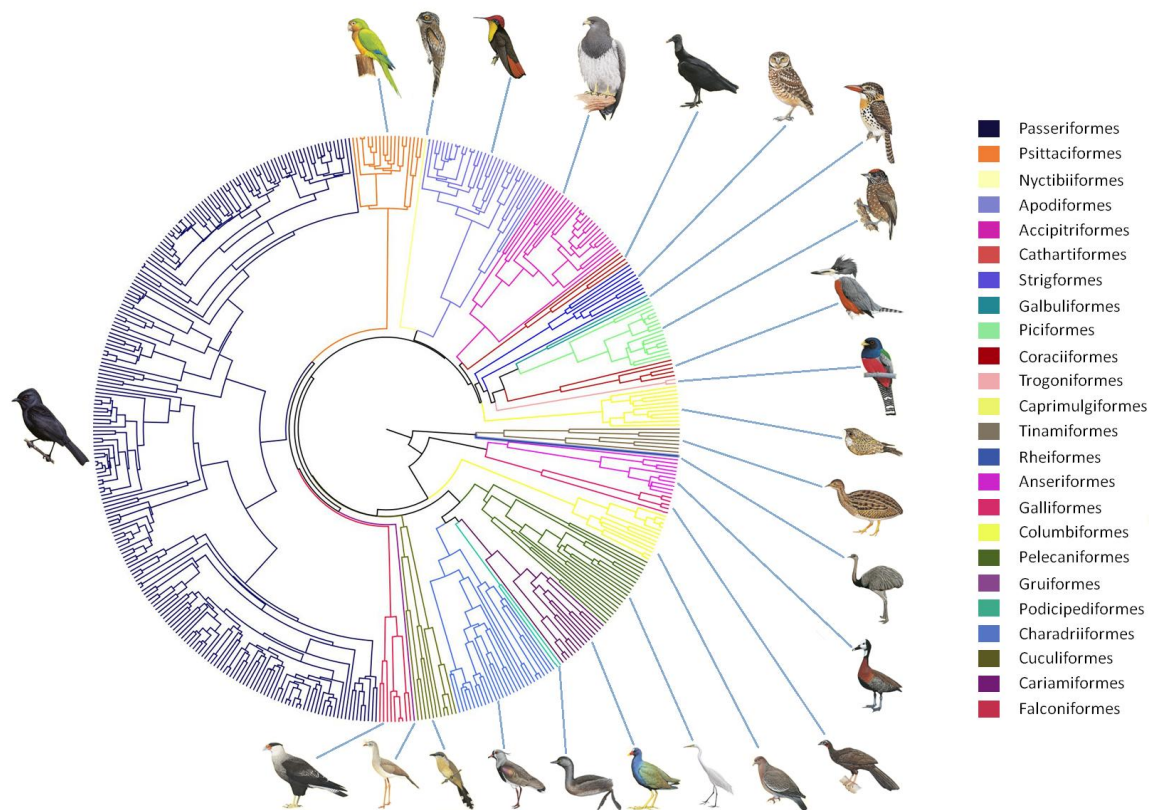
**Figura 01:** Mapa com os limites da Caatinga em bege, e as 106 localidades usadas no estudo, marcadas com os pontos.

### Coleta de dados

Para a obtenção das assembleias de aves ao longo da Caatinga foi realizada uma busca por artigos científicos nas bases de dados *Scholar Google* e *Web of Science* sobre a composição da avifauna em diferentes áreas do bioma entre os anos 1993 e 2016. Para isso foi utilizada uma combinação das seguintes palavras-chave: avifauna, caatinga, aves, floresta seca, conservação, semiárido, inventário; bem como seus equivalentes em inglês: *avifauna, caatinga, birds, dry forest, conservation, semi-arid e survey*. Dados desses artigos foram compilados e validados por especialistas, eliminando os registros duvidosos. Foi gerada uma matriz binária de presença e ausência das espécies nas diferentes assembleias, bem como suas coordenadas geográficas.

Para obtenção das relações filogenéticas, bem como distâncias evolutivas entre os táxons, foi obtida uma árvore filogenética das espécies registradas em nosso levantamento das assembleias

da Caatinga, utilizando a superárvore disponível para 9993 espécies de aves proposta por Jetz *et al.* (2012). Para isso foram obtidas 1000 árvores a partir do sítio <https://birdtree.org/>, e posteriormente uma árvore de Máxima Credibilidade dos Clados (*Maximum Clade Credibility*) foi gerada por meio do consenso de maioria usando o programa TreeAnnotator (<http://beast.community/treeannotator>).



**Figura 02:** Árvore filogenética consenso para as 477 espécies utilizadas no estudo.

As variáveis ambientais compreenderam dados climáticos de precipitação e temperatura disponíveis na base de dados *WorldClim* (<http://www.worldclim.org/>). Para cada uma das assembleias foram utilizadas 19 variáveis bioclimáticas do *Bioclim* 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005) com resolução de 30 segundos. Dessas variáveis 11 são referentes à temperatura e oito são sobre precipitação. Além dessas variáveis a distância geográfica também foi considerada como uma variável do modelo.

## Análise de dados

Para o cálculo dos índices filogenéticos ao longo das assembleias amostradas foi utilizado o programa *Biodiverse* (Laffan *et al.*, 2010). Neste programa foi calculada a Diversidade Filogenética, por meio do somatório do comprimento dos ramos das espécies presente na área (Faith, 1992).

Para inferência do *turnover* das assembleias de aves foi implementado do método de GDM (*Generalized Dissimilarity Modelling*) (Ferrier *et al.*, 2007; Rosauer *et al.*, 2014) com o auxílio do pacote “*gdm*” (Manion *et al.*, 2017) do R (R Core Team, 2017). Foram implementadas duas análises: uma considerando somente a riqueza de espécies, e outra considerando a relação filogenética entre os táxons. A técnica GDM é uma análise estatística realizada através da regressão matricial de dados não lineares, comumente encontrados em estudos ecológicos, são eles: 1 - a relação entre o aumento da distância ecológica e a dissimilaridade entre as áreas; 2 - variação na taxa de *turnover* ao longo do gradiente ambiental (Ferrier *et al.*, 2007). Sendo comumente usada para análise do padrão espacial de *turnover* ao longo de grandes áreas (Ferrier *et al.*, 2007; Brown *et al.*, 2014). Os dados biológicos de entrada podem ser: riqueza de espécies, genéticos, filogenéticos ou funcionais (Ferrier *et al.*, 2007; Thomassen *et al.*, 2010; Rosauer *et al.*, 2014; Fitzpatrick e Keller, 2015). Já os dados ambientais podem ser: climáticos, topográficos e atributos do solo. A partir desses dados é calculada a dissimilaridade par a par de todas as localidades, e para as demais áreas não amostradas, é prevista a dissimilaridade baseando-se nos dados ambientais do modelo (Ferrier *et al.*, 2007). Para visualizar graficamente o resultado da dissimilaridade prevista pelo modelo é aplicada uma PCA (Análise de Componentes Principais), reduzindo os dados aos três eixos principais, cada um deles recebendo uma cor (vermelho, verde e azul). Além disso, é possível inferir qual variável ambiental melhor a explica a distribuição das assembleias ao longo da área de estudo.

Os dados biológicos de entrada no presente estudo foram uma tabela de presença e ausência das espécies observadas nas respectivas localidades. Foi estimada uma matriz de dissimilaridade filogenética entre as comunidades, calculada usando o índice *PhyloSorensen*, que é um índice que mede a dissimilaridade entre as assembleias, análogo ao índice de *Sorensen*, com a

diferença que a unidade compartilhada entre os locais não são espécies e sim o comprimento dos ramos da filogenia, representando unidades de historia evolutiva em comum (Ferrier *et al.*, 2007; Rosauer *et al.*, 2013). A partir da matriz de dissimilaridade entre as localidades foi rodado um teste de significância do modelo, baseado em um teste com 1000 permutações. Baseado no resultado do teste de permutação são retiradas as variáveis menos significativas para o modelo. Para testar a acurácia preditiva do modelo foi realizado um teste de *cross-validation*. Nesse teste foram escolhidos aleatoriamente 30% dos locais como “teste” e os 70% restante como locais de “treinamento”, em seguida os parâmetros são estimados novamente somente com os “locais de treinamento” e os “locais de teste” são usados para validar o modelo, sendo o resultado desse teste a correlação entre os valores observados e preditos pelo modelo de acordo com os “locais de teste”. Para a visualização espacial do modelo os valores ajustados obtidos foram transformados em novas *layers* ambientais. Em seguida foi aplicada uma análise de agrupamento hierárquico entre os valores previstos, e então foram criadas classes para ordenação dos dados, e para cada classe foi atribuída uma cor, onde as cores mais semelhantes representam assembleias mais semelhantes.

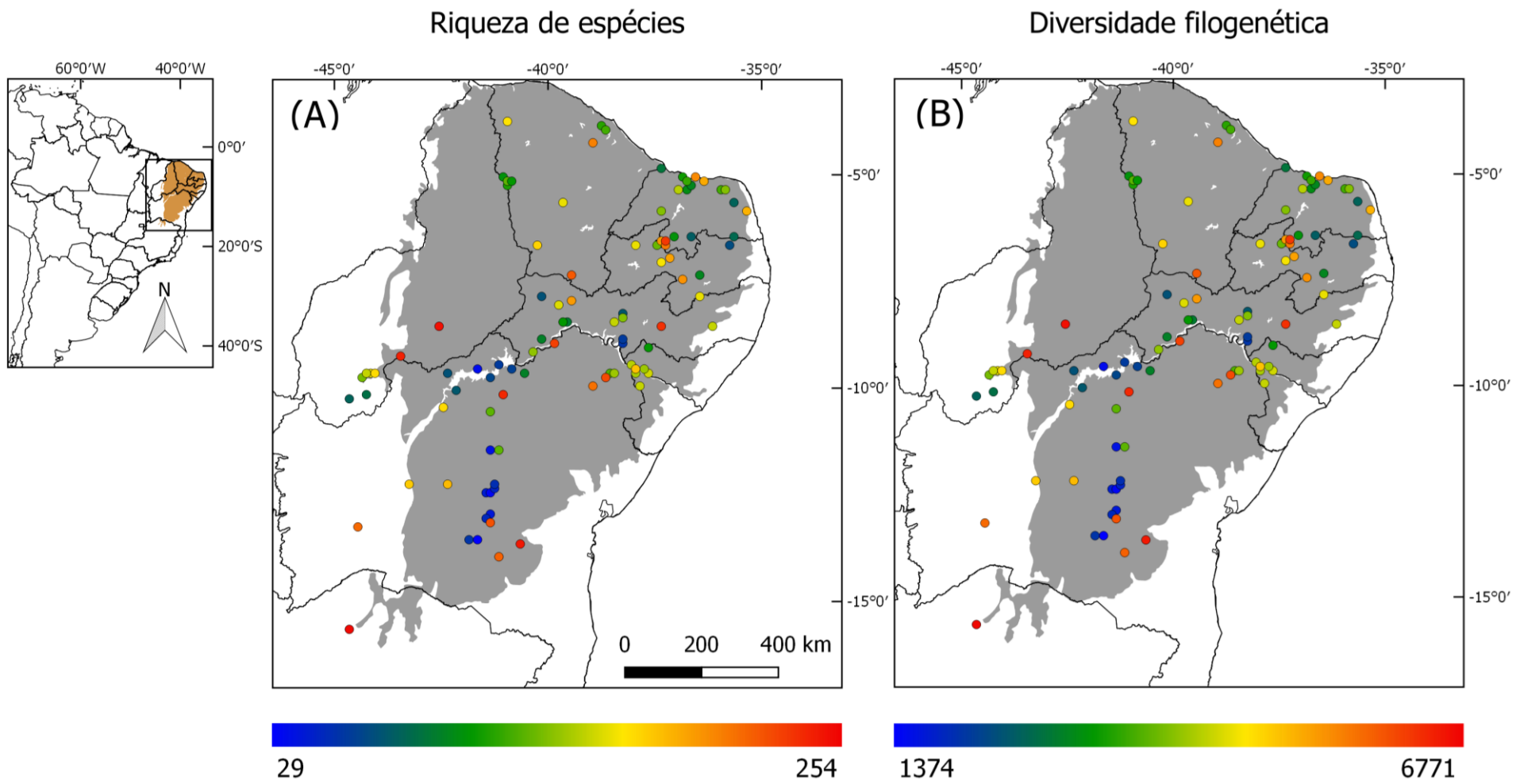
## **Resultados**

### **Riqueza e diversidade**

A busca por artigos científicos sobre assembleias de aves da Caatinga resultou em 45 estudos, contudo sete foram descartados por se tratarem de teses de conclusão de curso, restando 38 artigos e um estudo desenvolvido por mim, durante dois anos, em Maracás, Bahia (Tabela S1 e Figura S1, Anexo). As assembleias levantadas nesses artigos compreendem 106 localidades ao longo do bioma Caatinga (Figura 01). Somando-se os registros de todas as localidades inventariadas nesses estudos, e depois da exclusão das espécies com registro duvidoso, obteve-se o registro de 477 espécies, das 548 registradas para todo o bioma Caatinga (Araujo & Silva, 2017). Embora Araujo e Silva (2017) listem 67 espécies e subespécies tendo centro de origem no bioma, no presente trabalho foram registradas 27 espécies endêmicas do bioma. Contudo, no presente estudo não foram consideradas subespécies, pois não a árvore filogenética utilizada não incorpora

tal informação. A árvore filogenética consenso resultante para as espécies registradas nas assembleias da Caatinga é apresentada na Figura 02.

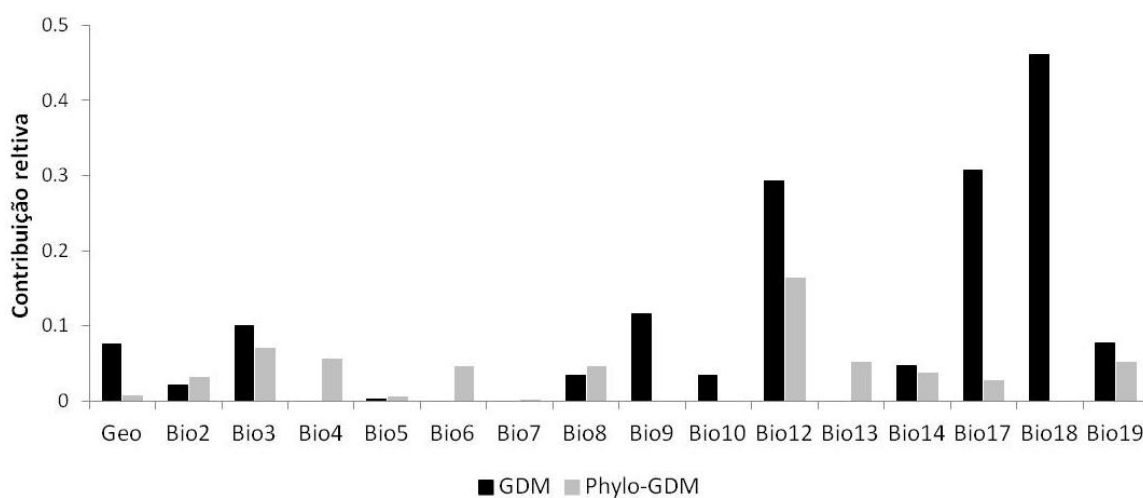
As áreas com maior riqueza de espécies, em sua maioria, foram registradas nas regiões limítrofes da Caatinga, são elas: Parque Estadual da Mata Seca (N=254), Parque Nacional Serra da Capivara (N=238), Maracás (N=227), Parque Nacional Serra das Confusões (N=222). Outras localidades que apresentaram elevada riqueza de espécies foram: Parque Nacional do Catimbau (N=202), Boqueira da Onça (N=210), Estação Ecológica Seridó (N=201) (Figura 03 A). Com relação ao índice de Diversidade Filogenética (somatório do comprimento dos ramos – SR), os maiores valores também foram encontrados nas regiões marginais do bioma, são elas: Parque Estadual da Mata Seca (N=6771.18 SR), Parque Nacional Serra da Capivara (N=6510.36 SR), Maracás (N=6242.62 SR), Parque Nacional Serra das Confusões (N=6048.11 SR) (Figura 03 B).



**Figura 03:** Mapa (A) mostrando a riqueza de espécies e(B) a diversidade filogenética em cada uma das assembleias.

## GDM com base em riqueza

A análise GDM com base na riqueza foi capaz de explicar 48% do *turnover* da composição de espécies ao longo da Caatinga. O GDM recuperou 12 variáveis ambientais com maior contribuição no *turnover* das espécies, e dentre elas as variáveis de precipitação apresentaram maior influência. As cinco variáveis com maior contribuição foram: Bio09 (temperatura média no trimestre mais seco), Bio12 (precipitação média anual), Bio17 (precipitação média no trimestre mais seco), Bio18 (precipitação média no trimestre mais quente) e Bio19 (precipitação média no trimestre mais frio) (Figura 04).



**Figura 04:** Variáveis ambientais que contribuíram para os modelos. Em preto as 12 variáveis que contribuíram para o modelo GDM, em cinza as 13 variáveis que contribuíram para o modelo *Phylo*-GDM. (Geo – distância geográfica, Bio2 – amplitude da temperatura média diurna, Bio3 – isothermalidade, Bio4 – sazonalidade da temperatura, Bio5 – temperatura máxima no mês mais quente, Bio6 – temperatura mínima no mês mais frio, Bio7 – amplitude da temperatura média anual Bio8 – temperatura média no trimestre mais úmido, Bio9 – temperatura média do trimestre mais seco, Bio10 – temperatura média do trimestre mais quente, Bio12 – precipitação média anual, Bio13 – precipitação média do mês mais úmido, Bio14 – precipitação média do mês mais seco, Bio 17 – precipitação média do trimestre mais seco, Bio18 – precipitação média do trimestre mais quente, Bio19 – precipitação média do trimestre mais frio).

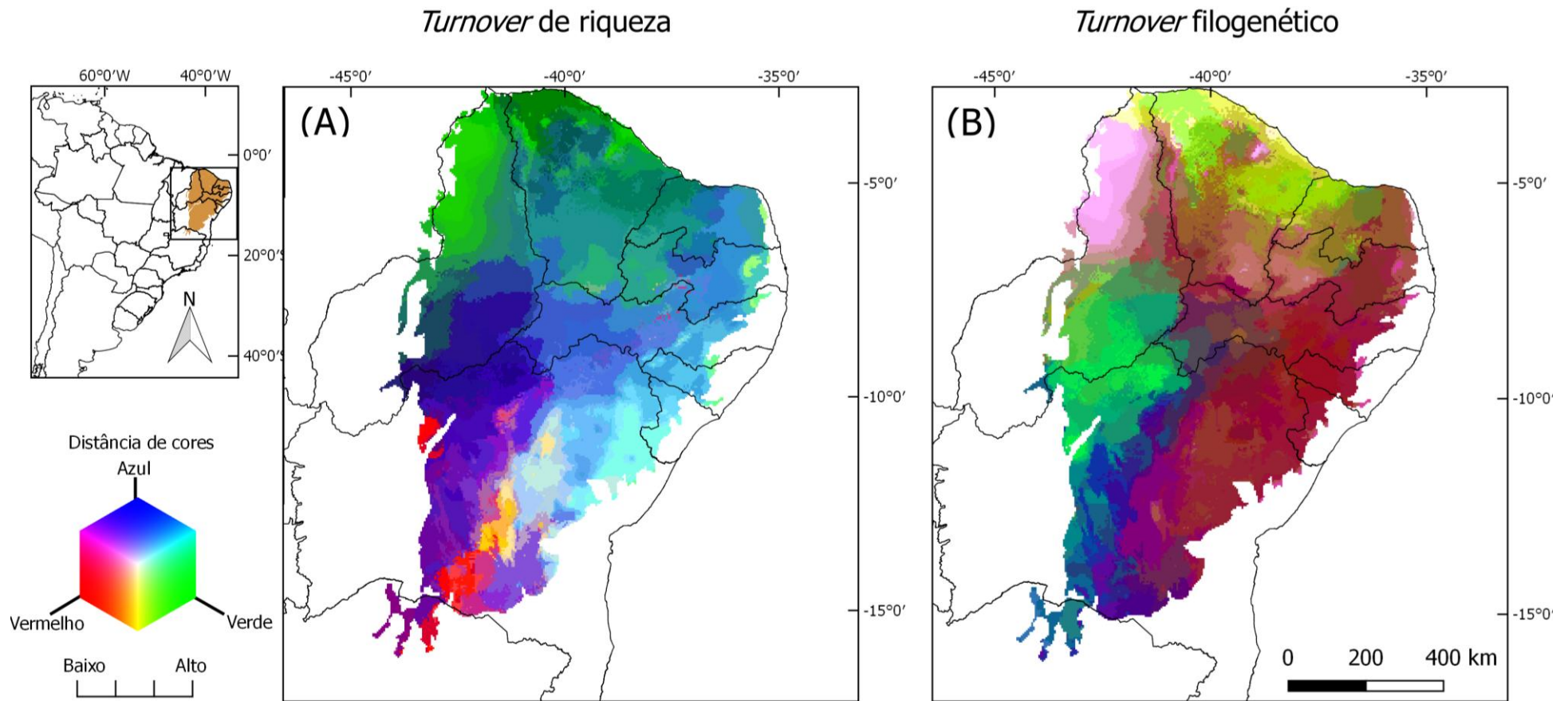
No mapa de *turnover* de assembleias (Figura 05 A) foi possível observar quatro grandes áreas congruentes com as ecorregiões propostas para a Caatinga (Velloso *et al.*, 2001): Área 1 –

leste em azul, sendo a parte centro-leste em azul claro, ecótono com Mata Atlântica; Área 2 – Chapada Diamantina em amarelo; Área 3 – Depressão Sertaneja Meridional e Planalto da Borborema em azul; e Área 4 – Complexo Campo Maior e Depressão Sertaneja Setentrional em Verde. Na parte nordeste de bioma percebe-se também a presença de quatro manchas verdes se destacando no dentro da grande área azul, as quais correspondem aos enclaves de Mata Atlântica (Brejos de Altitudes), estando mais relacionados com a área 4.

### ***Phylo-GDM***

A análise de GDM com base na relação filogenética das espécies (*Phylo-GDM*) foi capaz de explicar 28% do *turnover* filogenético das assembleias ao longo da Caatinga. Foram identificadas 13 variáveis que tiveram uma maior contribuição no *turnover* filogenético, e dentre elas as variáveis de precipitação apresentaram maior influência. As cinco variáveis com maior contribuição foram: Bio06 (temperatura mínima no mês mais frio), Bio08 (temperatura média no trimestre mais úmido), Bio12 (precipitação média anual), Bio14 (precipitação média no mês mais seco), Bio19 (precipitação média no trimestre mais frio) (Figura 04).

No mapa de *turnover* filogenético (Figura 05 B) das assembleias foi possível observar cinco grandes áreas: Área 1 – leste em roxo, ecótono com Mata Atlântica, chegando até a porção leste da Chapada Diamantina e parte leste do Planalto da Borborema; Área 2 – porção oeste da Chapada Diamantina e parte sul do bioma; Área 3 – Centro-oeste em verde, localizado na parte noroeste da Depressão Sertaneja Meridional e na parte sudoeste do Complexo de Ibiapaba; Área 4 – norte em verde, ocupando quase toda a região da Depressão Sertaneja Setentrional; e Área 5 – em lilás no Complexo Campo Maior, avançando pelo Complexo Ibiapada-Araripe, juntamente com as regiões dos brejos de altitude. Além destes principais grupos, vale destaque para as regiões conhecidas como brejos de altitude, que estão em lilás na parte leste, e foram relacionadas com áreas de enclave localizadas ao norte do Ceará, bem como na região de Campo Maior.



**Figura 05:** Mapa ilustrando o padrão de *turnover* ao longo da Caatinga. (A): Mapa de *turnover* de composição de espécies baseado em análise GDM. (B): Mapa de *turnover* filogenético baseado em análise *Phylo*-GDM. A similaridade das cores reflete a similaridade das assembleias ao longo da Caatinga, conforme prisma de cores.

## Discussão

Nossos resultados corroboram ambas as hipóteses que influenciam o padrão de distribuição das espécies ao longo da Caatinga: (i) evidenciou-se um maior diversidade em áreas limítrofes do bioma, em contato com os biomas Cerrado e a Mata Atlântica, que são marcadas por uma grande variedade de fitofisionomias por estarem situadas em ecótonos, mostrando a importância do intercâmbio biótico para a formação a avifauna da Caatinga; (ii) a precipitação (precipitação média anual e precipitação média do trimestre mais quente) foi apontada como a principal variável climática associado aos modelos de *turnover* de assembleias ao longo da Caatinga, tanto com base em riqueza quanto com base nas relações filogenéticas.

### Riqueza e Diversidade

Os inventários de aves realizados na Caatinga registraram de 477 espécies no bioma, o que representa aproximadamente 24% da avifauna brasileira (Piacentini *et al.*, 2015). Esse número de espécies confronta a hipótese de que a Caatinga é um bioma com baixa biodiversidade, e concorda com estudos recentes que apontam esta como a região árida mais biodiversa do mundo (Albuquerque *et al.*, 2012).

As estimativas de riqueza e de Diversidade Filogenética das assembleias de aves da Caatinga indicaram maiores valores nas áreas marginais do bioma. Esse fato pode ser justificado devido ao intenso fluxo biótico com os biomas vizinho. As regiões de contato com os biomas vizinhos são áreas de ecótono, transição entre diferentes fitofisionomias, e, portanto, é capaz de abrigar um maior número de espécies, inclusive espécies de outros biomas (Araujo & Silva, 2017). Por outro lado, as áreas mais centrais da Caatinga, onde predomina a fitofisionomia xérica, típica do bioma, possui um menor número de espécies. Nessas áreas predominam as espécies endêmicas do bioma ou da formação de áreas abertas da América do Sul, que são as mais adaptadas ao estresse ambiental provocado pela forte sazonalidade e secas prolongada.

Contudo, era esperado elevador valores de riqueza e DF para as áreas de enclaves de floresta na Caatinga, pois essas áreas abrigam espécies distintas, derivadas das flutuações climáticas do Plioceno e Pleistoceno (Batalha-Filho et al., 2013). Diversos autores (Auler *et al.*, 2004; Batalha-Filho *et al.*, 2013; Costa, 2003; Por, 1992; Wang, *et al.* 2004; Willis, 1992) postulam que no passado esses enclaves se conectavam com os biomas vizinhos através de corredores florestais, não mais existentes atualmente, e dessa forma isolando as espécies nesses fragmentos. Assim, as relações filogenéticas das espécies de enclaves estão ligadas com espécies dos biomas vizinhos, o que elevaria o valor de DF encontrado nessas áreas. Porém, o esforço amostral nessas áreas é baixo, não permitindo quantificar a real riqueza das mesmas, o que consequentemente diminui os valores de DF.

### ***Turnover das assembleias***

O resultado da análise GDM com base em riqueza mostrou que o *turnover* na composição de espécies recupera uma clara divisão da Caatinga em quatro grandes áreas, em parte concordante com a proposta das ecorregiões da Caatinga (Velloso *et al.*, 2001). Essa transição na composição das assembleias pode estar relacionada com diferenças na fitofisionomia, sendo essa intrinsecamente relacionada com as condições climáticas e edáficas, que são as principais premissas para a definição das ecorregiões (Arruda *et al.*, 2017a; Velloso *et al.*, 2001). Assim, como a composição da avifauna parece responder as fitofisionomias, as mudanças na vegetação local irão alterar a assembleia de aves da área. Deste modo, nos enclaves onde predomina ambientes florestais a composição da avifauna tende a ser diferente das regiões de baixada, onde está presente a vegetação mais adaptada ao clima árido da Caatinga, determinando os limites de quebra do *turnover* entre as comunidades.

Além disso, os resultados da análise de GDM indicaram que a variável climática Bio18 foi o principal fator que explica a mudança na composição de espécies. Este fato pode ser explicado devido a grande sazonalidade do bioma, o que leva muitas espécies a realizarem deslocamentos sazonais durante os períodos de seca (Olmos *et al.*, 2005, Araujo, 2009; Las-Casas *et al.*, 2012),

provocando alterações nas assembleias locais e conseqüentemente na estruturação da avifauna regional. Outro fato que corrobora isso é a clara distinção do *turnover* nas áreas de enclaves, que são regiões onde a sazonalidade é menos acentuada e que apresentam maior índice pluviométrico (Prado, 2003), possibilitando a manutenção de ambientes florestais úmidos.

O GDM evidenciou pouca associação entre distância geográfica e dissimilaridade das assembleias, o que contradiz a hipótese de *Distance Decay* (Soininen *et al.*, 2007), onde assembleias mais próximas teriam maior similaridade, e a dissimilaridade aumentaria com o aumento da distância geográfica. Tal cenário fica evidenciado principalmente nas localidades situadas no limite leste do bioma (áreas dos brejos, em roxo), onde as mesmas apresentam maior similaridade com a parte centro-leste do bioma e a Chapada Diamantina. A maior similaridade entre essas áreas pode ser entendida como fruto dos processos históricos associados a mudanças climáticas do Quaternário. Durante o Pleistoceno incremento nos índices de pluviosidade ao longo Caatinga (Arruda *et al.*, 2017b; Auler *et al.*, 2004; Wang, *et al.* 2004;) permitiram a expansão de áreas de floresta para a região mais interiorana, como na região da vertente leste Chapada Diamantina e nos Brejos de Altitude, criando ambiente propício para a expansão de algumas espécies da Mata Atlântica e Amazônia para essa região (Arruda *et al.*, 2017b, Araujo & Silva, 2017, Werneck *et al.*, 2011). Também foi possível observar uma grande mudança no *turnover* filogenético entre as áreas que compreendem o Complexo Ibiapaba-Araripe com a área da Depressão Sertaneja Meridional. Possivelmente o Complexo Ibiapaba-Araripe atua como barreira para a dispersão de algumas espécies, principalmente as associadas com ambientes abertos e endêmicas da Caatinga, como é o caso de *Megaxenops parnaguae*, *Hylopezus ochroleucus*, *Synallaxis hellmayri* (Birdlife, 2018; del Hoyo *et al.*, 2018; Ornitofuleiragem *com pes*; WikiAves, 2018).

A inferência da estrutura das assembleias com base no *Phylo*-GDM apresentou um modelo com menor valor de explicação, quando comparado com o GDM com base em riqueza (diferença de 20%). Contudo, as quebras no *turnover* geradas por esse modelo exibiram maior concordância com os limites dos biomas apresentado por Arruda *et al.* (2017a), e possuem maior congruência com as ecorregiões propostas para a Caatinga por Velloso *et al.* (2001). A similaridade na

composição das assembleias entre as regiões leste e central da Caatinga e parte leste da Chapada Diamantina pode ser devido a expansão da Mata Atlântica através da Caatinga durante o Pleistoceno (Arruda *et al.*, 2017b), alcançando a região da Chapada Diamantina e possibilitando a chegada e o estabelecimento de algumas espécies tipicamente florestais nessa região, dentre essas espécies podemos citar: *Chiroxiphia pareola*, *Tangara cyanoventris*, *Ramphocelus bresilius*, *Rhamphastos dicolorus*, *Thalurania glaucopis*, entre outras (WikiAves, 2018). Também é possível identificar uma clara divisão entre a parte leste da Chapada Diamantina, essa mais úmida e com pontos com formação florestal, e a região oeste, região mais seca, onde predomina a vegetação mais típica do bioma, o ocorrendo uma mudança na composição da avifauna também, deixando de ocorrer as espécies mais típicas de mata úmidas, passando a ocorrer as espécies típicas de ambiente aberto.

O modelo ainda permitiu resgatar as regiões onde atualmente estão situados os enclaves de mata úmida (brejos de altitudes). Estas áreas apresentaram maior semelhança com as assembleias da área noroeste limítrofe do bioma, que por sua vez sofre maior influência da região Amazônica (Batalha-Filho *et al.*, 2013; Costa, 2003). A maior influência da avifauna Amazônica nessa região já foi abordada em outros trabalhos usando aves (Batalha-Filho *et al.*, 2013), lagartos (Prates *et al.*, 2016, Pellegrino *et al.*, 2011) e pequenos mamíferos (Costa, 2003). Esses trabalhos abordam que a Amazônia seria o centro de origem para diversas espécies desses grupos, com conseqüente expansão para a Mata Atlântica através dos corredores florestais formados durante os eventos de flutuação climática do no Plio-Pleistoceno. Destaque também para proximidade entre as áreas correspondentes as duas depressões sertanejas, que são as áreas que apresentam vegetação caatinga *strictu sensu*, apresentando assembleias de aves com um menor número de espécies e mais adaptadas às condições hostis do bioma.

Em concordância com o GDM baseado em riqueza, no modelo gerado por *Phylo-GDM* as variável ambiental precipitação média anual (Bio12) exibiu forte influência na mudança da composição de espécies ao longo do bioma. Esse fato pode ser justificado pela grande sazonalidade do bioma, onde durante o período chuvoso ocorre um aumento do número e abundância de espécies, afetando fortemente a dinâmica populacional do bioma (Olmos *et al.*, 2005; Araújo,

2009). Com a temporada das chuvas ocorre o crescimento das plantas, brotando folhas, sementes e frutos, aumento na disponibilidade de insetos, chegada de espécies migratórias e início do período reprodutivo de muito animais (Araújo, 2009). Dessa forma a dinâmica pluvial do bioma influencia a composição de espécies, com algumas espécies apresentando pequenas migrações regionais, a exemplo de: *Zenaida auriculata*, *Claravis pretiosa*, *Sporophila lineola* e *Volatinia jacarina* (Las-Casas *et al.*, 2012; Olmos *et al.*, 2005; Araújo, 2009). Tais espécies buscam recursos em áreas próximas durante o período de estiagem do bioma (Las-Casas *et al.*, 2012; Olmos *et al.*, 2005). A influência da precipitação também pode ser notada nos limites mais extremos do bioma, onde nessas áreas o volume pluviométrico é maior, possibilitando o estabelecimento de vegetação mais florestal e conseqüentemente de avifauna associada a esse tipo de formação (Arruda *et al.*, 2017a; Prado, 2003).

Embora um elevado número de espécies tenha sido registrado para a Caatinga o bioma ainda carece de muitos estudos, sendo um dos biomas brasileiros menos estudados. Segundo Tabarelli e Vicente (2004) 40% da área não recebeu nenhum tipo de pesquisa e 80% foi mal amostrada, desta forma o número de espécies ainda pode crescer, bem como um melhor conhecimento sobre a distribuição das demais. Isso fica evidente com base em nosso levantamento de estudos sobre a avifauna do bioma (Figura 01), onde foi possível obter o registro de inventário de aves em apenas 106 localidades. Além disso, é possível observar grandes lacunas amostrais na parte norte e noroeste, principalmente nos estados do Piauí e Ceará e na região sul e sudeste da Caatinga, no estado da Bahia. Este fato reforça a necessidade de mais estudos na Caatinga, pois só assim poderemos saber o real número de espécies que presentes nesse bioma e obter mais dados para um melhor entendimento sobre como essas espécies estão distribuídas ao longo do mesmo.

## **Conclusão**

Os índices de Riqueza e Diversidade Filogenética apresentaram um padrão similar e concordantes com a hipótese da influência do intercâmbio biótico na composição da avifauna da Caatinga. Já os modelos GDM e *Phylo*-GDM não mostraram muita congruência na estruturação da

composição da avifauna do bioma, embora tenham concordado que as variáveis climáticas relacionadas à precipitação exercem grande influência no modelo. Apesar do menor poder de explicação do modelo *Phylo-GDM*, quando comparado ao GDM, à previsão de estruturação e *turnover* ao longo do bioma exibe maior concordância quando comparada com o conhecimento sobre distribuição, história natural, comportamento e dados de campos que existe para as aves do bioma. Dessa forma, a inclusão de informações sobre a história evolutiva das espécies permitiu uma melhor previsão sobre a estruturação das atuais assembleias de aves ao longo da Caatinga. Contudo, mais estudos são necessários para cobrir as lacunas de amostragem no bioma, bem como a inserção de mais variáveis ambientais que possam aumentar o poder de explicação dos modelos.

## Referências bibliográficas

- Ab'Sáber, A. N., 2003. Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Albano, C., Girão, W., 2008. Aves das matas úmidas das serras de Aratanha, Baturité e Maranguape, Ceará. *Braz. J. Ornithol.* 16, 142-154.
- Albuquerque, S.G., Bandeira, G.R.L., 1995. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 30, 885-891.
- Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., El-Deir, A.C.A., Lima, A.C.A., Souto, A., Bezerra, B.M., Ferraz, E.M.N., Freire, E.M.X., Sampaio, E.V.S.B., Las-Casas, F.M.G., Moura, G.J.B., Pereira, G.A., Melo, J.G., Ramos, M.A., Rodal, M.J.N., Schiel, N., LyraNeves, R.M., Alves, R.R.N., Azevedo-Júnior, S.M., Telino-Júnior, W.R., Severi, W., 2012. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *Sci. World J.* 2012, 1-18.
- Araújo, H. F. P., 2009. Amostragem, estimativa de riqueza de espécies e variação temporal na diversidade, dieta e reprodução de aves em área de caatinga. Ph.D. dissertation. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba.

- Araujo, H.F.P., Rodrigues, R.C., 2011. Birds from open environments in the Caatinga from state of Alagoas, northeastern Brazil. *Zoologia*. 28, 629-640.
- Araujo, H.F.P., Silva, J.M.C., 2017. The Avifauna of the Caatinga: Biogeography, Ecology, and Conservation, in: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Eds), *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer, Cham, pp. 181-210.
- Araujo, H.F.P., Vieira-Filho, A.H., Cavalcanti, T.A., Barbosa, M.R.V., 2012. As aves e os ambientes em que elas ocorrem em uma reserva particular no Cariri paraibano, nordeste do Brasil. *Braz. J. Ornithol.* 20, 365-377.
- Arruda, D.M., Fernandes-Filho, E.I., Solar, R.R., Schaefer, C.E., 2017 - a. Combining climatic and soil properties better predicts covers of Brazilian biomes. *Sci. Nat.* 104, 32.
- Arruda, D.M., Schaefer, C.E., Fonseca, R.S., Solar, R.R., Fernandes-Filho, E.I. 2017. Vegetation cover of Brazil in the last 21 ka: New insights into the Amazonian refugia and Pleistocenic arc hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*. 27, 47-56.
- Auler, A.S., Wang, A., Edwards, R.L., Cheng, H., Cristalli, O.S., Smart, M.L., Richards, D.A., 2004. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. *J. Quat. Sci.* 19, 693–701.
- Barnett, J.M., Araujo, H.F.P., Roos, A.L., Machado, C.G., Uejima, A.M.K., Naka, L.N., 2014. The avifauna of Curaçá (Bahia): the last stronghold of Spix's Macaw. *Braz. J. Ornithol.* 22, 121-137.
- Batalha-Filho, H., Fjelds, a J., Fabre, P.H., Miyaki, C.Y., 2013. Connections between the Atlantic and the Amazonian forest avifaunas represent distinct historical events. *J. Ornithol.* 154, 41–50.
- Bezerra, D.M.M., Araujo, H.F.P., Alves, R.R.N., 2013. Avifauna de uma área de Caatinga na região do Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil. *Ornithologia*. 6, 53-69.
- Birdlife, 2018. <http://www.birdlife.org/> accessed 10 December 2017.

Brown, J.L., Cameron, A., Yoder, A.D., Vences, M., 2014. A necessarily complex model to explain the biogeography of the amphibians and reptiles of Madagascar. *Nat. Commun.* 10, 1–10.

Cianciaruso, M. V.; Silva, I. A.; Batalha, M. A., 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotrop.* 9, 2-11.

Costa, L.P., 2003. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *J. Biogeogr* 30,71–86.

del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. & de Juana, E. (Eds.) (2014). Handbook of the Birds of the World Alive. Lynx Edicions, Barcelona. (retrieved from <http://www.hbw.com/> on 10 December 2017).

Dornelas, A.A.F., Paula, D.C., Santo, M.D.E., Sanchez-Azofeifa, G.A., Leite, L.O., 2012. Avifauna do Parque Estadual da Mata Seca, norte de Minas Gerais. *Braz. J. Ornithol.* 20, 378-391.

Dryflor et al., 2016. Dryflor, R.,K. A. Delgado-Salinas, K.G. Dexter, R. Linares-Palomino, A. Oliveira-Filho, D. Prado, M. Pullan, C. Quintana, R.,M.,G.M.R. Riina, J. Weintritt, P. Acevedo-Rodríguez, J. Adarve, E.,B.,A.A. Álvarez, J.C. Arteaga, G. Aymard, A. Castaño, N. Ceballos-Mago, Á. Cogollo, H. Cuadros, F. Delgado, W. Devia, H. Dueñas, L. Fajardo, Á. Fernández, M.Á. Fernández, J. Franklin, E.H. Freid, L.A. Galetti, R. Gonto, M.,R. González, R. Graveson, E.H. Helmer, Á. Idárraga, R. López, H. Marcano-Vega, O.G. Martínez, H.M. Maturo, M. McDonald, K. McLaren, O. Melo, F. Mijares, V. Mogni, D. Molina, N. del P. Moreno, J.M. Nassar, D.M. Neves, L.J. Oakley, M. Oatham, A.R. Olvera-Luna, F.F. Pezzini, O.J.R. Dominguez, M.E. Ríos, O. Rivera, N. Rodríguez, A. Rojas, T. Särkinen, R. Sánchez, M. Smith, C. Vargas, B. Villanueva, R.T. Pennington Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. *Science.* 353, 1383-1387

Faith, D., 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biol. Conser.* 61, 1-10.

- Farias, G.B., 2013. Avifauna in four areas of Caatinga strictu senso in middle-western Pernambuco, Brazil. *Braz J. Ornithol.* 15, 53-60.
- Farias, G.B., Pereira, G.A., Burgos, K.Q., 2010. Aves da Floresta Nacional de Negreiros (Serrita, Pernambuco). *Atualidades Ornitológicas.* 157, 41-46.
- Farias, G.B., Silva, W.A.G., Albano, C.G., 2005. Diversidade de aves em áreas prioritárias para conservação de aves da Caatinga, in: Araujo, F.S., Rodal, M.J.N., Barbosa, M.R.V. (Eds.), *Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga. Suporte a estratégias regionais de conservação.* Brasília, pp. 203-226.
- Ferrier, S.; Manion, G.; Elith, G.; Richardson, K., 2007. Using generalized dissimilarity modeling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Divers. Distrib.* 13, 252–264.
- Fitzpatrick M.C., Keller, S.R., 2015. Ecological genomics meets community-level modeling of biodiversity: Mapping the genomic landscape of current and future environmental adaptation. *Ecol. Lett.* 18, 1-16.
- Freitas, M.A., Borges, O.B., 2011. Avifauna da FLONA Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil. *Atualidades Ornitológicas.* 163, 33-42.
- Freitas, M.A., Filadelfo, T., França, D.P.F., Figueiredo-Moraes, E. P., 2016. Avifauna de Mucugê: Levantamento de avifauna na fazenda Caraíbas, Bahia. *Atualidades Ornitológicas.* 190, 33-43.
- Freitas, M.A., França, D.P.F., Filadelfo, T., Huligh, V., 2013. Avifauna do município de Xique-Xique, região norte da Caatinga baiana. *Atualidades Ornitológicas.* 171, 18-23.
- Gonçalves, G.R., Santos, M.P.D., Cerqueira, P.V., Juen, L., Bispo, A.Â., 2017. The relationship between bird distribution patterns and environmental factors in an ecotone area of northeast Brazil. *J. Arid Environ.* 140, 6-13

- Graham, C. H.; Fine, P. V. A., 2008. Phylogenetic beta diversity: linking ecological and evolutionary processes across space in time. *Ecol. Lett.* 11, 1265–1277.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. & Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climat.* 25, 1965–1978.
- Hortal, J., Bello, F., Diniz-Filho, J.A.F., Lewinsohn, T.M., Lobo, J.M., Ladle, R.J., 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 46, 523-549.
- Hortal, J., Marco Jr, P., Santos, A., Diniz-Filho, J.A.F., 2012. Integrating biogeographical processes and local community assembly. *J. Biogeogr.* 39, 627-628.
- Hutchinson, G.E., 1957. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology.* 22, 415-427.
- IBGE., 2004. Mapa de Biomas e de Vegetação. <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm/> (accessed 20 December 2017).
- Jetz, W.; Thomas, G. H.; Joy, J. B.; Hartmann, K.; Mooers, A. O., 2012. The global diversity of birds in space and time. *Nature.* 491, 444-448.
- Laffan, S.W., Lubarsky, E. & Rosauer, D.F., 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography.* 33, 643-647.
- Las-Casas, F.M.G., Azevedo Júnior, S.M., Dias, M.M., Bianchi, C.A., 2013. Community structure and bird species composition in a caatinga of Pernambuco, Brazil. *Braz. J. Ornithol.* 20, 302-311.
- Lima, D.M., Neves, E.L., Alves, E.M. 2011. Avifauna da Estação Biológica de Canudos, Bahia, Brasil. *Atualidades Ornitológicas.* 159, 43-50.
- Lima, P.C., Santos, S.S., Lima, R.C.F.R., 2003. Levantamento e anilhamento da ornitofauna na Pátria da Arara-Azul-de-Lear (*Anodorhynchus leari*, Bonaparte, 1856): um

complemento ao levantamento realizado por H. Sick, LP Gonzaga e DM Teixeira, 1987. *Atualidades Ornitológicas*. 112, 11-21.

Lyra-Neves, R.M., Azevedo Júnior, S.M., Telino Jr, W.R., Larrazábal, M.E.L., 2013. The birds of the Talhado do São Francisco natural monument in the semi-arid brazilian northeast. *Braz. J. Ornithol.* 20,268-289.

Machado, C.G., 2005. Aves, in: Juncá, F.A., Funch, L., Rocha, W. (Eds.), *Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina*. Ministerio do Meio Ambiente, Brasília, pp. 355-375.

Magurran, A., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. Oxford, RU.

Manion, G., Lisk, M., Ferrier, S., Nieto-Lugilde, D., Mokany, K., Fitzpatrick, M.C., 2017. *gdm: Generalized Dissimilarity Modeling*. R package version 1.3.2. <https://CRAN.R-project.org/package=gdm>.

Margules, C. R.; Pressey, R. L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature*. 405, 243-253.

Mendes, D., Sousa, A.E.B.A., 2016. Avifauna de uma área de Caatinga arbórea e ambientes associados no sertão paraibano, Brasil. *Ornithologia*. 9, 80-97.

Mesquita, D.O., Costa, G.C., Garda, A.A., Delfim, F.R., 2017. Species Composition, Biogeography, and Conservation of the Caatinga Lizards, in: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Eds), *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer, Cham, pp. 151-180.

MMA - Ministério do Meio Ambiente., 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/Ibama monitoramento do bioma caatinga 2008-2009. Brasília.

Nascimento, J.D., Nascimento, I.L.S., Azevedo Júnior, S.M., 2000. Aves da Chapada do Araripe (Brasil): biologia e conservação. *Ararajuba*. 8, 115-125.

Nascimento, J.D., Sales-Junior, L.G., Sousa, A.E.B.A., Minns, J., 2005. Avaliação rápida das potencialidades ecológicas e econômicas do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, usando aves como indicadores. *Ornithologia*. 1, 33-42.

Nascimento, J.L.X., 2000. Estudo comparativo da avifauna em duas estações ecológicas da Caatinga: Aiuaba e Seridó. *Melopsittacus*. 3, 12-35.

Nunes, C.E.C., Machado, C.G., 2012. Avifauna de duas áreas de caatinga em diferentes estados de conservação no Raso da Catarina, Bahia, Brasil. *Braz. J. Ornithol.* 20, 215-229.

Olmos, F., Albano, C., 2012. As aves da região do Parque Nacional Serra da Capivara (Piauí, Brasil). *Braz. J. Ornithol.* 20, 173-187.

Olmos, F.; Girão E Silva, W. A.; Albano, C. G., 2005. Aves de oito áreas de Caatinga no sul do Ceará e oeste de Pernambuco, Nordeste do Brasil: composição, riqueza e similaridade. *Pap. Avulsos Zool.* 45, 179-199.

Pellegrino, K. C., Rodrigues, M. T., Harris, D. J., Yonenaga-Yassuda, Y., Sites Jr, J. W., 2011. Molecular phylogeny, biogeography and insights into the origin of parthenogenesis in the Neotropical genus *Leposoma* (Squamata: Gymnophthalmidae): Ancient links between the Atlantic Forest and Amazonia. *Mol. Phylogenet. Evol.* 61, 446–459.

Pereira, G.A., Azevedo-Júnior, S.M., 2011. Estudo comparativo entre as comunidades de aves de dois fragmentos florestais de caatinga em Pernambuco, Brasil. *Braz. J. Ornithol.* 19, 22-31.

Pereira, G.A., Medcraft, J., Santos, S.S., Fonseca-Neto, F.P., 2014. Riqueza e conservação de aves em cinco áreas de caatinga no nordeste do Brasil. *Cotinga*. 36, 16-26.

Piacentini, V.Q., Aleixo, A., Agne, C.E., Maurício, G.N., Pacheco, J.F., Bravo, G.A., Brito, G.R.R., Naka, L.N., Olmos, F., Posso, S., Silveira, L.F., Betini, G.S., Carrano, E., Franz, I., Lees, A.C., Lima, L.M., Pioli, D., Schunck, F., Amaral, F.R., Bencke, G.A., Cohn-Haft, M., Figueiredo, L.F.A., Straube F.C., Cesari, E., 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee / Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Braz. J. Ornithol.* 23, 91–298.

- Pichorim, M., Damasceno, J.P.T., Toledo-Lima, G., Araújo, R. D., Ferreira, P. V.S., 2016. Guia de aves da da Estação Ecológica do Seridó. Primeira ed., Natal, Rio Grande do Norte.
- Polasky, S., Csuti, B., Vossler, C.A., Meyers, S.M., 2001. A comparison of taxonomic distinctness versus richness as criteria for setting conservation priorities for North American birds. *Biol. Conser.* 97, 99-105.
- Por, F.D., 1992. Sooretama: the Atlantic rain forest of Brazil. SPB Academic, The Hague.
- Prado, D., 2003. As caatingas da América do Sul, in: Leal, I.R.; Tabarelli, M., Silva, J.M.C. (Eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. Editora da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, pp. 3-73.
- Prates, I., Rivera, D., Rodrigues, M.T., Carnaval, A.C., 2016. A mid-Pleistocene rainforest corridor enabled synchronous invasions of the Atlantic Forest by Amazonian anole lizards. *Mol. Ecol.* 25, 5174-5186.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Redding, D.W., Mooers, A.O., 2006. Incorporating Evolutionary Measures into Conservation Prioritization. *Conserv. Biol.* 20, 1670–1678.
- Roos, A.L., Nunes, M.F.C., Souza, E.A., Souza, A.E.B.A., Nascimento, J.L.X., Lacerda, R.C.A., 2006. Avifauna da região do Lago de Sobradinho: composição, riqueza e biologia. *Ornithologia*. 1, 135-160.
- Rosauer, D.F., Ferrier, S., Williams, K.J., Manion, G., Keogh, J.S., Laffan, S.W., 2014. Phylogenetic Generalised Dissimilarity Modelling: A New Approach to Analysing and Predicting Spatial Turnover in the Phylogenetic Composition of Communities. *Ecography*, 37, 21–32.

Ruiz-Esparza, J., Gouveia, S.F., Rocha, P.A.D., Beltrão-Mendes, R., Ribeiro, A.D.S., Ferrari, S.F., 2011. Birds of the Grotta do Angico Natural Monument in the semi-arid Caatinga scrublands of northeastern Brazil. *Biota Neotrop.* 11, 269-276.

Ruiz-Esparza, J., Rocha, P.A., Ribeiro, A.S., Ferrari, S.F., 2013. The birds of the Serra da Guia in the caatinga of Northern Sergipe. *Braz. J. Ornithol.* 20, 290-301.

Saiter, F.Z., Brown, J.L., Thomas, W.W., Oliveira-Filho, A.T., Carnaval, A.C., 2016. Environmental correlates of floristic regions and plant turnover in the Atlantic Forest hotspot. *J. Biogeogr.* 43, 2322-2331.

Santos, M.P.D., 2004. As comunidades de aves em duas fisionomias da vegetação de Caatinga no estado do Piauí, Brasil. *Ararajuba.* 12, 113-123.

Santos, M.P.D., Santana, A., Santos-Soares, L.M., Araújo-Sousa, S., 2012. Avifauna of Serra Vermelha, southern Piauí, Brazil. *Braz. J. Ornithol.* 20, 199-214.

Schunck, F., Piacentini, V.Q., Souza, E.A., Sousa, A.E.B.A., Rego, M.A., Albano, C., Nunes, M.F.C., Favaro, F.L., Neto, I.S., Mariano, E.F., Lima, D.M., Las-Casas, F.M.G., Rodrigues, R.C., Fonseca Neto, F.P., 2012. Birds of the lower middle São Francisco river. *Braz. J. Ornithol.* 20, 350-364.

Sick, H., 1997. *Ornitologia Brasileira*, segunda ed. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

Silva, M.D., França, B.R.A., Irusta, J.B., Souto, G.H.B.O., Oliveira-Júnior, T.M., Rodrigues, M.C., Pichorim, M., 2012. Aves de treze áreas de caatinga no Rio Grande do Norte, Brasil. *Braz. J. Ornithol.* 20, 312-328.

Silveira, L.F., Santos, M.P.D., 2012. Bird richness in Serra das Confusões National Park, Brazil: how many species may be found in an undisturbed caatinga?. *Braz. J. Ornithol.* 20, 188-198.

Silveira, M.H.B., Machado, C.G., 2012. Estrutura da comunidade de aves em áreas de caatinga arbórea na Bacia do Rio Salitre, Bahia, Brasil. *Braz. J. Ornithol.* 20, 161-172.

Soininen, J., McDonald, R., Hillebrand, H., 2007. The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography*. 30, 3-12.

Sousa, A.E.B.A., Lima, D.M., Lyra-Neves, R.M., 2012. Avifauna of the Catimbau National Park in the Brazilian state of Pernambuco, Brazil: species richness and spatio-temporal variation. *Braz. J. Ornithol.* 20, 230-245.

Tabarelli, M., Vicente, A., 2004. Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga: lacunas geográficas e ecológicas, in: Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T., Lins, L.V. (Eds.), *Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação*. MMA, Brasília, 101-111.

Telino-Júnior, W.R., Lyra-Neves, R.D., Nascimento, J.L.X., 2005. Biologia e composição da avifauna em uma Reserva Particular de Patrimônio Natural da caatinga paraibana. *Ornithologia*. 1, 49-57.

Thomassen, H.A., Buermann, W., Mila, B., Graham, C.H., Cameron, S.E., Schneider, C.J., Pollinger, J.P., Saatchi, S., Wayne, R.K., Smith, T. B., 2010. Modeling environmentally associated morphological and genetic variation in a rainforest bird, and its application to conservation prioritization. *Evol. Appl.* 3, 1–16.

Vane-Wright, R.I., Humphries, C.J., Williams, P.H., 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biol. Conserv.* 55, 235-254.

Velloso, A.L., Sampaio, E.V.S.B., Paryen, F.G.C., 2001. *Ecorregiões propostas para o Bioma Caatinga*. Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil. Recife, Pernambuco.

Wallace A.R. 1876. *The geographical distribution of animals*. Macmillan, London.

Wang, X.F., Auler, A.S., Edwards, R.L., Cheng, H., Cristalli, O.S., Smart, P.L., Richards, D.A., Shen, C.C., 2004. Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. *Nature*. 432, 740–74.

Webb, C.O., Ackerly, D.D., McPeck, M.A., Donoghue, M.J., 2002. Phylogenies and community ecology. *Annu. Ver. Ecol. Syst.* 33, 475-505.

Whittaker, R.J., Araujo, M.B., Jepson, P., Ladle, R.J., Watson, J.E.M., Willis, K.J., 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. *Divers. Distrib.* 11, 3–23.

Wiens, J.J., Ackerly, D.D., Allen, A.P., Anacker, B.L., Buckley, L.B., Cornell, H.V., Damschen, E.I., Jonathan Davies, T., Grytnes, J.-A., Harrison, S.P., Hawkins, B.A., Holt, R.D., McCain, C.M., Stephens, P.R., 2010. Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecol. Lett.* 13, 1310–1324.

WikiAves, 2018. WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil. <http://www.wikiaves.com/> accessed 10 December 2017.

Williams, P.H., Humphries, C.J., Vane-Wright, R.I., 1991. Measuring biodiversity: taxonomic relatedness for conservation priorities. *Aust. Syst. Bot.* 4, 665-679.

Willis, E.O., 1992. Zoogeographical origins of eastern Brazilian birds. *Ornit. Netrop.* 3, 1-15.

## Anexo

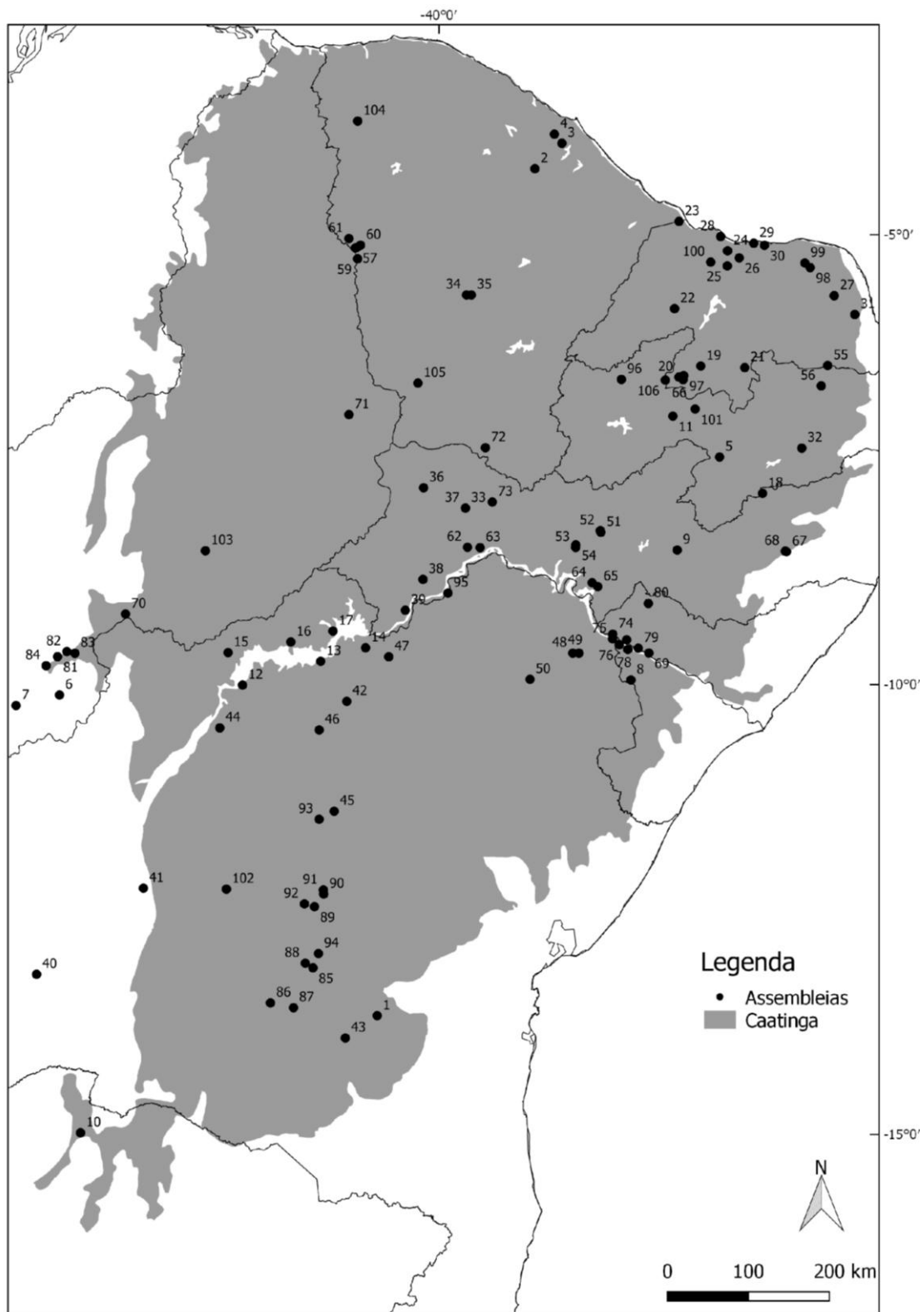
**Tabela S1:** Artigos, localidades e suas coordenadas geográficas utilizadas como base de dados para o presente estudo.

<b>CODIGO</b>	<b>LOCALIDADE</b>	<b>LAT</b>	<b>LONG</b>	<b>AUTOR</b>
1	Povoado Porto Alegre, Maracás - Bahia	-13.68	-40.69	Pagani-Passos <i>et al.</i> , em prep
2	Serra de Baturité, Guaramiranga - Ceará	-4.27	-38.93	Albano e Girão, 2005
3	Serra da Aratanha, Pacatuba - Ceará	-3.98	-38.63	Albano e Girão, 2005
4	Serra de Maranguape, Maranguape - Ceará	-3.88	-38.72	Albano e Girão, 2005
5	RPPN Fazenda Almas - Paraíba	-7.47	-36.88	Araujo, 2012
6	Faz. Espinhos, Curimatá - Piauí	-10.12	-44.22	Santos, 2004
7	Faz. Pedrinhas, Parnaíba - Piauí	-10.23	-44.70	Santos, 2004
8	Serra da Guia, Poço Redondo - Sergipe	-9.95	-37.87	Ruiz Esparza <i>et al.</i> , 2012
9	PARNA Catimbau, Buíque - Pernambuco	-8.51	-37.35	Souza <i>et al.</i> , 2012
10	Parque Estadual da Mata Seca, Manga - Minas Gerais	-15.62	-44.62	Dornelas <i>et al.</i> , 2012
11	RPPN Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha - Paraíba	-7.02	-37.40	Telino Junior <i>et al.</i> , 2005
12	Faz. Campo Alegre, Sento Sé - Bahia	-10.01	-42.18	Roos <i>et al.</i> , 2006
13	Faz. Serrote, Sento Sé - Bahia	-9.74	-41.31	Roos <i>et al.</i> , 2006
14	Assentamento Canaã, Sobradinho - Bahia	-9.59	-40.82	Roos <i>et al.</i> , 2006
15	Remanso - Bahia	-9.65	-42.34	Roos <i>et al.</i> , 2006
16	Pau-a-pique, Remanso - Bahia	-9.53	-41.65	Roos <i>et al.</i> , 2006
17	Umbuzeiro, Casa Nova - Bahia	-9.41	-41.18	Roos <i>et al.</i> , 2006
18	Vila do Pará, Santa Cruz do Capibaribe - Pernambuco	-7.87	-36.40	Las Casas <i>et al.</i> , 2012
19	Sítio Penedo, Caicó - Rio Grande do Norte	-6.46	-37.09	Silva <i>et al.</i> , 2012
20	ESEC Seridó, Serra Negra do Norte - Rio Grande do Norte	-6.58	-37.33	Silva <i>et al.</i> , 2012
21	Serra do Bico da Arara, Acari - Rio Grande do Norte	-6.48	-36.60	Silva <i>et al.</i> , 2012
22	Sítio Oiteiro, Campo Grande - Rio Grande do Norte	-5.82	-37.38	Silva <i>et al.</i> , 2012
23	Fazenda Agrícola Famosa, Tibau - Rio Grande do Norte	-4.85	-37.33	Silva <i>et al.</i> , 2012
24	Lagoa Lagamar, Carnaubais - Rio Grande do Norte	-5.18	-36.79	Silva <i>et al.</i> , 2012
25	Rio Açú, Alto do Rodrigues - Rio Grande do Norte	-5.35	-36.80	Silva <i>et al.</i> , 2012
26	Lagoa do Queimado, Pendências - Rio Grande do Norte	-5.26	-36.66	Silva <i>et al.</i> , 2012
27	Serra Verde, Taipu - Rio Grande do Norte	-5.68	-35.61	Silva <i>et al.</i> , 2012
28	Ponta do Mel, Porto do Mangue - Rio Grande do Norte	-5.02	-36.87	Silva <i>et al.</i> , 2012
29	Soledade, Macau - Rio Grande do Norte	-5.10	-36.50	Silva <i>et al.</i> , 2012

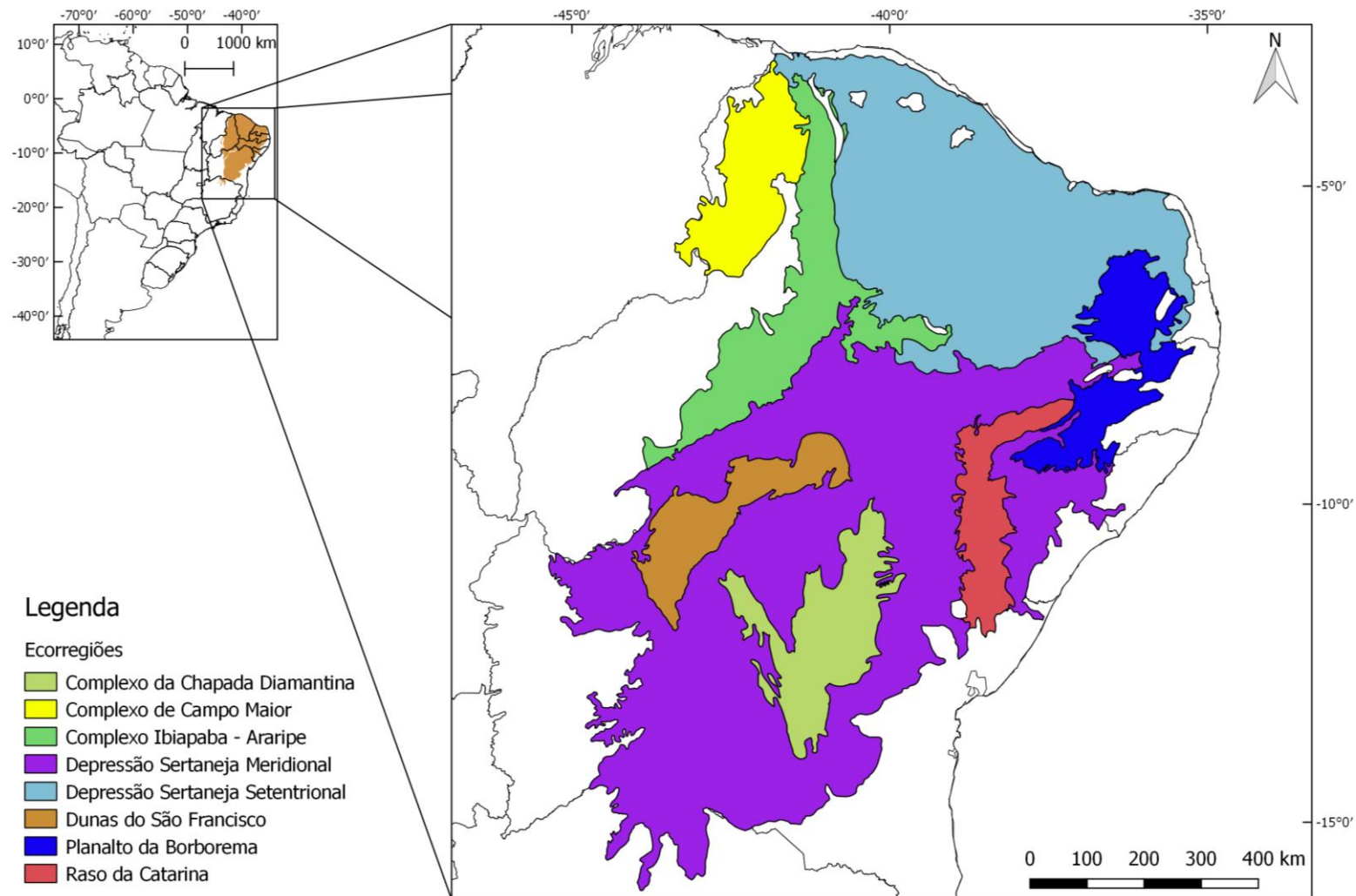
30	Polo Petroquímico, Guamaré - Rio Grande do Norte	-5.12	-36.38	Silva <i>et al.</i> , 2012
31	Mata da Escola Agrícola de Jundiá, Macaíba - Rio Grande do Norte	-5.89	-35.38	Silva <i>et al.</i> , 2012
32	Fazenda Cajueiro, Milagres - Ceará	-7.37	-36.42	Olmos <i>et al.</i> , 2005
33	Sítio Bálsamo, Jati - Ceará	-8.04	-39.71	Olmos <i>et al.</i> , 2005
34	Serrote do Lineto, Mombaça - Ceará	-5.67	-39.69	Olmos <i>et al.</i> , 2005
35	Pedra Branca - Ceará	-5.67	-39.64	Olmos <i>et al.</i> , 2005
36	Santa Rita, Ouricuri - Pernambuco	-7.81	-40.17	Olmos <i>et al.</i> , 2005
37	Fazenda do Julio, Parnamirim - Pernambuco	-8.04	-39.71	Olmos <i>et al.</i> , 2005
38	Riachos Recreio e Garças, Lagoa Grande - Pernambuco	-8.83	-40.18	Olmos <i>et al.</i> , 2005
39	Lagoas de Petrolina - Pernambuco	-9.18	-40.37	Olmos <i>et al.</i> , 2005
40	Curso Baixo Médio do São Francisco, Correntina - Bahia	-13.22	-44.47	Schunk <i>et al.</i> , 2012
41	Curso Baixo Médio do São Francisco - Ibotirama - Bahia	-12.26	-43.28	Schunk <i>et al.</i> , 2012
42	Curso Baixo Médio do São Francisco Boqueirão da Onça, Sento Sé - Bahia	-10.19	-41.02	Schunk <i>et al.</i> , 2012
43	FLONA Sincorá, Contendas do Sincorá - Bahia	-13.92	-41.12	Freitas e Borges., 2011
44	Xique-Xique - Bahia	-10.48	-42.44	Freitas <i>et al.</i> , 2013
45	Alto Rio Salitre, Morro do Chapéu - Bahia	-11.41	-41.16	Silveira <i>et al.</i> , 2012
46	Médio Rio Salitre, Umburanas - Bahia	-10.51	-41.33	Silveira <i>et al.</i> , 2012
47	Baixo Rio Salitre, Juazeiro - Bahia	-9.69	-40.56	Silveira <i>et al.</i> , 2012
48	Raso da Catarina 1, Paulo Afonso - Bahia	-9.65	-38.51	Nunes <i>et al.</i> , 2012
49	Raso da Catarina 2, Paulo Afonso - Bahia	-9.65	-38.44	Nunes <i>et al.</i> , 2012
50	Estação Ecologica de Canudos, Canudos - Bahia	-9.94	-38.99	Lima <i>et al.</i> , 2011
51	Açudinho RPPN Maurício Dantas, Betania - Pernambuco	-8.31	-38.20	Farias <i>et al.</i> , 2005
52	Cavalo Morto RPPN Maurício Dantas, Betania - Pernambuco	-8.29	-38.21	Farias <i>et al.</i> , 2005
53	Estrada RPPN Cantidiano Valgueiro, Floresta - Pernambuco	-8.48	-38.48	Farias <i>et al.</i> , 2005
54	Rio RPPN Cantidiano Valgueiro, Floresta - Pernambuco	-8.45	-38.48	Farias <i>et al.</i> , 2005
55	Parque Estadual Pedra da Boca, Araruna - Paraíba	-6.45	-35.68	Farias <i>et al.</i> , 2005
56	Faz. Cachoeira da Capivara, Cacimba de Dentro - Paraíba	-6.68	-35.75	Farias <i>et al.</i> , 2005
57	Melancia/ São Luis RPPN Serra das Almas, Crateús - Ceará	-5.14	-40.91	Farias <i>et al.</i> , 2005
58	Lajeiro/Croatá RPPN Serra das Almas, Crateús - Ceará	-5.15	-40.93	Farias <i>et al.</i> , 2005

59	Sítio/Tucuns, Crateús - Ceará	-5.27	-40.90	Farias <i>et al.</i> , 2005
60	Grajaú RPPN Serra das Almas, Crateús - Ceará	-5.12	-40.87	Farias <i>et al.</i> , 2005
61	Estreito, Crateús - Ceará	-5.04	-41.00	Farias <i>et al.</i> , 2005
62	Caraíbas, Santa Maria da Boa Vista - Pernambuco	-8.47	-39.68	Farias, 2007
63	Brígida, Orocó - Pernambuco	-8.48	-39.54	Farias, 2007
64	Icó Mandante, Petrolândia - Pernambuco	-8.87	-38.30	Farias, 2007
65	Apolônio Sales, Petrolândia - Pernambuco	-8.91	-38.23	Farias, 2007
66	ESEC Seridó, Serra Negra do Norte - Rio Grande do Norte	-6.61	-37.29	Bezerra <i>et al.</i> , 2013
67	Serra do Mudo, Altinho - Pernambuco	-8.52	-36.14	Pereira e Azevedo-Junior, 2011
68	Fazenda Pindorama, Altinho - Pernambuco	-8.52	-36.15	Pereira e Azevedo-Junior, 2011
69	Monumento Natural Grotta do Angico, Canindé do São Francisco - Sergipe	-9.65	-37.67	Ruiz Esparza <i>et al.</i> , 2011
70	PARNA Serra da Confusão - Piauí	-9.22	-43.48	Silveira e Santos, 2012
71	Raso da Catarina, Jeremoabo - Bahia	-7.00	-41.00	Lima <i>et al.</i> , 2003
72	FLONA Araripe, Crato - Ceará	-7.37	-39.48	Nascimento, 2000
73	FLONA Negreiros, Serrita - Pernambuco	-7.97	-39.41	Farias <i>et al.</i> , 2010
74	Fazenda Baixa da Quixaba, Paulo Afonso - Bahia	-9.44	-38.07	Lyra Neves <i>et al.</i> , 2012
75	Fazenda Luna, Delmiro Gouveia - Alagoas	-9.49	-38.07	Lyra Neves <i>et al.</i> , 2012
76	Fazenda Mundo Novo, Canindé de São Francisco - Sergipe	-9.56	-38.00	Lyra Neves <i>et al.</i> , 2012
77	Fazenda Olho d'Águinha, Olho d'Água do Casado - Alagoas	-9.50	-37.91	Lyra Neves <i>et al.</i> , 2012
78	Fazenda Santa Rosa, Canindé de São Francisco - Sergipe	-9.61	-37.90	Lyra Neves <i>et al.</i> , 2012
79	Fazenda Mecejana, Piranhas - Alagoas	-9.60	-37.78	Lyra Neves <i>et al.</i> , 2012
80	BR-316, Canapi - Alagoas	-9.10	-37.67	Araujo e Rodrigues, 2011
81	Serra Vermelha A, Redenção do Gurguéia - Piauí	-9.69	-44.24	Santos <i>et al.</i> , 2012
82	Serra Vermelha B, Bom Jesus - Piauí	-9.63	-44.16	Santos <i>et al.</i> , 2012
83	Serra Vermelha C, Morro Cabeça no Tempo - Piauí	-9.65	-44.06	Santos <i>et al.</i> , 2012
84	Serra Vermelha D, Curimatá - Piauí	-9.79	-44.37	Santos <i>et al.</i> , 2012
85	Fazenda Caraíbas, Mucugê - Bahia	-13.15	-41.40	Freitas <i>et al.</i> , 2016
86	Chapada Ponto 1, Rio de Contas - Bahia	-13.54	-41.87	Machado, 2005
87	Chapada Ponto 2, Jussiape - Bahia	-13.59	-41.62	Machado, 2005
88	Chapada Ponto 3, Mucuge - Bahia	-13.10	-41.49	Machado, 2005
89	Chapada Ponto 4, Lençóis - Bahia	-12.47	-41.38	Machado, 2005
90	Chapada Ponto 5, Palmeiras - Bahia	-12.33	-41.28	Machado, 2005
91	Chapada Ponto 6, Utinga - Bahia	-12.29	-41.28	Machado, 2005

92	Chapada Ponto 7, Utinga - Bahia	-12.44	-41.49	Machado, 2005
93	Chapada Ponto 8, Morro do Chapéu - Bahia	-11.50	-41.33	Machado, 2005
94	Chapada Ponto 9, Mucuge - Bahia	-12.99	-41.34	Machado, 2005
95	Curaçá - Bahia	-8.98	-39.90	Barnett <i>et al.</i> , 2014
96	Serra do Comissário, São Francisco - Paraíba	-6.61	-37.97	Mendes e Souza, 2016
97	ESEC Seridó, Serra Negra do Norte - Rio Grande do Norte	-6.57	-37.28	Pichorim, <i>et al.</i> , 2016
98	Queimadas, João Câmara - Rio Grande do Norte	-5.37	-35.87	Pereira <i>et al.</i> , 2014
99	Fazenda Dois Irmãos, Parazinho - Rio Grande do Norte	-5.31	-35.93	Pereira <i>et al.</i> , 2014
100	Assentamento Nova Descoberta, Carnaubais - Rio Grande do Norte	-5.30	-36.98	Pereira <i>et al.</i> , 2014
101	Fazenda Verdes Pastos, São Mamede - Paraíba	-6.94	-37.15	Pereira <i>et al.</i> , 2014
102	Sumidouro, Brotas de Macaúbas - Bahia	-12.28	-42.36	Pereira Et Al 2014
103	PARNA Capivara, São Raimundo Nonato - Piauí	-8.51	-42.60	Olmos e Albano, 2012
104	PARNA Ubajara, Ubajara - Ceará	-3.74	-40.90	Nascimento <i>et al.</i> , 2005
105	ESEC Aiuaba, Aiuaba - Ceará	-6.65	-40.23	Nascimento, 2000
106	ESEC Seridó, Serra Negra do Norte - Rio Grande do Norte	-6.62	-37.48	Nascimento, 2000



**Figura S1:** Mapa com as assembleias amostras seguindo a Tabela S1.



**Figura S2:** Mapa com as ecorregiões propostas para a Caatinga por Velloso *et al.*, (2001).