



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOSÉ JOÃO DO NASCIMENTO NETO

**EVOLUÇÃO NO NICHOS ISOTÓPICO E POTENCIAIS MUDANÇAS
MORFOMÉTRICAS EM QUATRO ESPÉCIES DE AVES DA CAATINGA NAS
ÚLTIMAS SEIS DÉCADAS**

Recife
2024

JOSÉ JOÃO DO NASCIMENTO NETO

**EVOLUÇÃO NO NICHOS ISOTÓPICO E POTENCIAIS MUDANÇAS
MORFOMÉTRICAS EM QUATRO ESPÉCIES DE AVES DA CAATINGA NAS
ÚLTIMAS SEIS DÉCADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
graduação.

Orientador: Luciano Nicolás Naka

Coorientador: Victor Leandro Silva

Recife
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Nascimento Neto, José João do.

Evolução no nicho isotópico e potenciais mudanças morfológicas em quatro espécies de aves da Caatinga nas últimas seis décadas / José João do Nascimento Neto. - Recife, 2024.

54 p. : il., tab.

Orientador(a): Luciano Nicolás Naka

Coorientador(a): Victor Leandro Silva

Coorientador(a): Ana Beatriz Navarro

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. Nicho isotópico. 2. Mudanças climáticas. 3. Morfometria. 4. Isótopos estáveis. I. Naka, Luciano Nicolás. (Orientação). II. Silva, Victor Leandro. (Coorientação). IV. Navarro, Ana Beatriz. (Coorientação). V. Título.

590 CDD (22.ed.)

JOSÉ JOÃO DO NASCIMENTO NETO

**EVOLUÇÃO NO NICHOS ISOTÓPICO E POTENCIAIS MUDANÇAS
MORFOMÉTRICAS EM QUATRO ESPÉCIES DE AVES DA CAATINGA NAS
ÚLTIMAS SEIS DÉCADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
graduação.

Aprovado em: 04/03/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luciano Nicolás Naka (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Sérgio Martins de Carvalho (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto (Examinador Externo)

Universidade de Brasília

“Era difícil acreditar / que todos esses animais tinham existido ao meu redor / sem que eu os visse / convencida de que a natureza era o longínquo / um lugar que se define por não ser cidade.” – **Joana Bértholo**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Adriano e Gláucia, por toda dedicação, amor, cuidado e principalmente por ter me apoiado durante essa jornada. Os dois fizeram com que meu sonho se tornasse realidade e nada disso seria possível sem a ajuda deles.

Aos meus irmãos, Lucas e Isabelly, por todo carinho e parceria ao longo de toda minha vida. Agradeço também às minhas sobrinhas Luize e Clara por me ensinarem o verdadeiro sentido do amor.

À minha namorada, Diana Gomes, por ser meu porto seguro e por não me deixar desistir. Agradeço principalmente por ser minha maior apoiadora, admiradora e me mostrar sempre o lado bom das coisas.

A todos da minha família que me apoiaram e que me aguentam falando de passarinho a todo momento. Em especial meus primos Julia Estelita, Henrique Rangel e Juninho Silva.

Aos meus amigos, que fizeram com que esses anos de graduação fossem mais leves e me permitiram sorrir nos dias mais difíceis. Meu mais profundo obrigado a Maria Júlia, Hebert Sabino, Valéria Ahumedo, Nattan Martins, Tawana Guimarães, Leonardo Cabral, Lucas Carvalho, Emmilly Mel, Bárbara Coelho, Marta Laís, Lucas Matheus, Gabriel Dias, Eduardo José, Pedro Carneiro, Silvia Martínez e Giovanna Couto.

Ao meu orientador Luciano Naka, por me ensinar tudo que sei sobre aves, por me guiar nessa caminhada e principalmente por toda paciência ao longo desses anos. Aos meus co-orientadores Victor Leandro e Ana Beatriz, por me darem a oportunidade de aprender novas metodologias e por me ensinarem cada nova ferramenta. Acima de tudo, obrigado por se tornarem meus amigos nesse pouco tempo juntos.

Ao Laboratório de Ecologia Isotópica da Universidade de São Paulo, liderado pelo professor Dr. Marcelo Zacharias, pelo apoio nas análises isotópicas.

Ao CNPq e à Universidade Federal de Pernambuco, pelo financiamento que tornou possível este trabalho.

A todos do Laboratório de Ecologia e Evolução de Aves (Ornitolab), por todo conhecimento passado, todo suporte, todos os direcionamentos e por me ensinarem os caminhos que posso seguir na carreira acadêmica.

RESUMO

As mudanças climáticas e as pressões antrópicas representam as maiores ameaças à biodiversidade global. Essas mudanças agem alterando a temperatura e os níveis de pluviosidade, modificando biomas e afetando a diversidade e disponibilidade de recursos. Projeções apontam a Caatinga como um dos ambientes que sofrerão estas mudanças de forma mais dramática, com secas mais longas e intensas. Para avaliar se as mudanças climáticas ocorridas na Caatinga afetaram a biodiversidade, investigamos potenciais mudanças no nicho isotópico e na morfologia de quatro espécies de aves nos últimos 65 anos. Para isso, utilizamos espécimes de quatro espécies de aves (*Myrmorchilus strigilatus*, *Hemitriccus margaritaceiventer*, *Cyanoloxia brissonii* e *Coryphospingus pileatus*) de coleções zoológicas coletadas desde 1951 até o presente, para avaliar potenciais mudanças morfométricas e de nicho isotópico. Para avaliar mudanças morfométricas, usamos seis medidas do corpo das aves, incluindo três medidas do bico (altura, largura e altura do bico), três medidas do corpo (comprimento da asa, cauda e tarso) de 216 espécimes das quatro espécies-alvo. Para avaliar mudanças no nicho isotópico, amostramos penas de espécimes para obtenção dos valores isotópicos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$), empregados no modelo de nicho, utilizando 120 espécimes das mesmas quatro espécies de aves. Em relação à morfometria, detectamos mudanças significativas na cauda e no tarso de *Cyanoloxia brissonii* e no bico de *Myrmorchilus strigilatus*. Em relação aos nichos isotópicos, três espécies apresentaram variação na largura do nicho nas últimas décadas, com espécies granívoras e insetívoras mostrando diferentes padrões ao longo do tempo, aumentando a sobreposição de nicho entre os grupos históricos e modernos. As diferenças interespecíficas nas respostas podem apontar potenciais adaptações às pressões antrópicas, assim como as poucas mudanças morfológicas registradas podem indicar outras possíveis respostas das espécies frente às crescentes alterações no clima da Caatinga.

Palavras-chave: nicho isotópico; mudanças climáticas; morfometria; isótopos estáveis

ABSTRACT

Climate change and anthropogenic pressures represent the greatest threats to global biodiversity. These changes act by altering temperature and precipitation levels, modifying biomes, and impacting resource diversity and availability. Projections indicate the Caatinga as one of the environments that will undergo these changes most dramatically, with longer and more intense droughts. To assess whether climate changes in the Caatinga have affected biodiversity, we investigated potential changes in the isotopic niche and morphology of four bird species over the last 65 years. For this purpose, we used specimens of four species of birds (*Myrmorchilus strigilatus*, *Hemitriccus margaritaceiventer*, *Cyanoloxia brissonii*, and *Coryphospingus pileatus*) from zoological collections, collected from 1951 to the present, to assess potential morphometric and isotopic niche changes. To assess morphometric changes, we measured six aspects of bird anatomy, including three beak measurements (height, width, and height), and three body measurements (wing length, tail length, and tarsus) of 216 specimens of the four target species. To evaluate changes in the isotopic niche, we sampled feathers from specimens to obtain carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) isotopic values used in the niche model, employing 120 specimens from the four bird species. Regarding morphometry, we detected significant changes in two of the measurements for *Cyanoloxia brissonii* (tail and tarsus) and *Myrmorchilus strigilatus* (beak). Regarding isotopic niches, three species showed variation in niche width in recent decades, with granivorous and insectivorous species exhibiting different patterns over time, increasing niche overlap between historical and modern groups. Interspecific differences in responses may indicate potential adaptations to anthropogenic pressures, while the few morphological changes recorded may suggest other possible species responses to the growing climate alterations in the Caatinga.

Key-words: isotopic niche; climate change; morphometrics; stable isotopes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do conceito de nicho ao longo do tempo (Sales et al., 2021). **17**

Figura 2 - Mapa da Caatinga com pontos de amostragem em suas ecorregiões. **20**

Figura 3 - Espécies-alvo e suas respectivas distribuições na América do Sul. **20**

Figura 4 - Caracteres medidos nos espécimes de coleção. **21**

Figura 5 - Modelos lineares demonstrando o aumento das temperaturas máximas, mínimas e da precipitação na Caatinga ao longo dos últimos 50 anos. **24**

Figura 5 – Nicho fundamental de todas as 4 espécies utilizadas no estudo. **26**

Figura 7 - Comparação dos nichos históricos e modernos de *Cyanoloxia brissonii*, *Coryphospingus pileatus*, *Myrmorchilus strigilatus* e *Hemitriccus margaritaceiventer*. **27**

Figura 8 - Violin plots indicando a variação de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ apresentada pelas espécies estudadas. **28**

Figura 9 - Largura e sobreposição de nicho entre guildas tróficas. **28**

Figura 10 - Largura e sobreposição dos nichos isotópicos entre as espécies em uma análise bidimensional ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$). **29**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de espécies-alvo e número de amostras processadas para as análises morfométricas. **21**

Tabela 2 - Lista de espécies-alvo e número de amostras processadas para as análises isotópicas. **23**

Tabela 3 - Valores dos GAMs usados para avaliar a significância das modificações morfológicas com as variáveis climáticas da Caatinga. **25**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS	14
3.2. RESPOSTA DAS ESPÉCIES.....	15
3.3. NICHOS ISOTÓPICOS.....	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
4.1. ÁREA DE ESTUDO	19
4.2. ESPÉCIES-ALVO	19
4.3. DADOS CLIMÁTICOS	20
4.4. MORFOMETRIA	21
4.5. ISÓTOPOS ESTÁVEIS	22
4.6. CORREÇÃO DAS RAZÕES ISOTÓPICAS	22
4.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	22
4.8. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	23
5. RESULTADOS	24
5.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA CAATINGA	24
5.2. MORFOMETRIA	24
5.3. ALTERAÇÃO DO NICHOS ISOTÓPICOS.....	26
6. DISCUSSÃO	29
6.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS LOCALIDADES AMOSTRADAS	29
6.2. MUDANÇAS MORFOLÓGICAS.....	30
6.3. NICHOS ISOTÓPICOS.....	32
7. CONCLUSÃO	35
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICE - A	44

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são hoje uma das maiores ameaças antrópicas à biodiversidade (Frishkoff et al., 2016). Essas mudanças agem alterando a temperatura e os níveis de pluviosidade, modificando biomas e afetando a biodiversidade (Loarie et al., 2009; Scheffers et al., 2016). Estudos preveem aumentos médios globais de até 4°C até 2100 (IPCC, 2018), o que resultaria em grandes perdas na biodiversidade, mudanças na distribuição das espécies e ondas de extinção em massa (Araújo & Rahbek, 2006; Thomas et al., 2010). Análises recentes apontam que as florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) serão um dos ambientes a sofrer grandes mudanças, tornando-se ecossistemas ainda mais extremos, com secas mais severas e temperaturas ainda mais elevadas (Ault, 2020). A Caatinga, como o maior bloco de FTSS da região Neotropical, apresenta-se como um ecossistema muito vulnerável a estas rápidas mudanças, com a previsão de extremos climáticos mais frequentes e duradouros (Marengo et al., 2010). Modelos indicam que, dependendo do cenário adotado, poderão ocorrer aumentos de entre 2,5 e 5,5 °C na temperatura média no semiárido brasileiro. Atualmente, a região já apresenta uma tendência de períodos de estiagem cada vez mais longos e intensos, tendo em vista que a temperatura média global já apresentou um aumento de 1°C desde o final do século 19 (IPCC, 2013). Isso indica que alterações climáticas e pluviométricas já podem estar afetando a biodiversidade e processos ecológicos da Caatinga, o que aponta a necessidade de estudar os potenciais efeitos na biodiversidade.

Estudos recentes apontam às mudanças climáticas como responsáveis por diversas alterações nas espécies animais, incluindo modificações fisiológicas, na distribuição e na fenologia (Durant et al., 2007; Daufresne et al., 2009; Şekercioğlu et al., 2012; Jirinec et al., 2021). Nas aves, que são bons indicadores de mudanças ambientais (Morrison et al., 1936), alterações na morfologia também têm sido atribuídas às mudanças climáticas (Ryding et al., 2021). Mudanças no tamanho corporal vêm sendo consideradas como uma resposta das espécies às rápidas alterações do clima por causas antropogênicas, com implicações diretas na resiliência dos indivíduos (Gardner et al., 2011). Estas alterações podem afetar diretamente as necessidades hídricas e energéticas para a termorregulação e metabolismo (Scholander et al., 1950; Kooijman et al., 2010). Por exemplo, aves maiores podem ser energeticamente mais eficientes em climas frios, mas o oposto é esperado em climas quentes. Declínios na massa de aves de florestas úmidas, potencialmente relacionadas às alterações antropogênicas, foram documentados por todo o globo (Gardner et al., 2011), incluindo na Amazônia (Jirinec et al., 2021). Outra alteração documentada foi um aumento da área das asas em aves migratórias da América do Norte (Weeks et al., 2019), sugerindo uma resposta geral das espécies às novas condições climáticas, potencialmente associadas com uma pressão evolutiva selecionando indivíduos com maior capacidade de dispersão (Bowlin et al., 2008).

Estas modificações observadas em espécimes modernos podem ser explicadas através de duas regras ecogeográficas, incluindo as regras de Bergmann (Bergmann, 1847) e Allen (1877). Segundo a primeira, populações ou indivíduos de espécies endotérmicas tendem a ter um maior tamanho corporal em ambientes mais frios e em maiores latitudes, e o contrário em ambientes mais quentes de baixas latitudes, o que interfere diretamente na troca de calor com o ambiente (Salewski & Watt, 2017). Nestes casos, a relação de área/volume favorecerá a retenção de calor em organismos maiores, o que seria favorável em ambientes mais frios (James et al., 1970). Já a regra de Allen aponta a diminuição na área de apêndices corporais, como caudas, orelhas e asas em ambientes mais frios. A

união destas duas regras ecogeográficas podem ser utilizadas em seus análogos temporais para explicar mudanças morfológicas ao longo do tempo como consequência das mudanças climáticas (Fan et al., 2019).

As mudanças climáticas também podem resultar em mudanças comportamentais, na dieta e no nicho ecológico das espécies (Tingley et al., 2009). As condições climáticas e mudanças no uso da terra desempenham um papel fundamental na determinação da distribuição e nicho das espécies de aves (Root & Schneider, 1993), portanto documentar o nível de variação de nicho é o primeiro passo para entender potenciais mudanças nas comunidades de aves (Jaeger et al., 2010). Isto pode ser avaliado usando análises isotópicas de diferentes elementos (e.g., carbono, nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, enxofre) em tecidos animais (Hobson et al., 2023). Em particular, o uso de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) tem sido muito usado para analisar a dieta e o uso de habitat de espécies de aves, representando bons *proxies* para obter informações sobre o nicho ecológico das espécies (Boecklen et al., 2011). Estes isótopos são incorporados nos tecidos dos organismos através da sua alimentação, estando presentes naturalmente nos ecossistemas em diferentes abundâncias (Bender, 1968; Smith & Epstein, 1971). A associação bivariada desses valores isotópicos viabiliza a mensuração de métricas como largura e sobreposição do nicho isotópico em um espaço bidimensional, com os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ refletindo a área de forrageio, dieta e posição trófica das espécies (Newsome et al., 2007). Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam pouco ao longo da cadeia trófica; o emprego desses isótopos nos permite rastrear o tipo de habitat que o indivíduo utiliza para forragear. Isso se torna possível pois diferentes ciclos fotossintéticos fazem com que as plantas discriminem o ^{13}C em diferentes proporções. Aves que forrageiam em áreas abertas e antropogênicas (tipicamente compostas por plantas do tipo C_4) expressam valores maiores de $\delta^{13}\text{C}$ quando comparadas com aves que habitam ambientes florestais (ambiente composto majoritariamente por plantas C_3) (Ferber et al., 2013). Já o $\delta^{15}\text{N}$ pode ser utilizado para definir a posição trófica e dieta das espécies, além de permitir o estudo da influência das ações antrópicas (e.g., uso de fertilizantes na agricultura, efeitos da urbanização) na dieta desses animais (Boecklen et al., 2011).

Neste estudo, utilizamos quatro espécies de aves típicas do semiárido brasileiro para avaliar potenciais mudanças na morfologia e no nicho isotópico nos últimos 65 anos. Para este fim, escolhemos duas espécies de aves insetívoras (*Myrmorchilus strigilatus* e *Hemitriccus margaritaceiventer*) e duas espécies granívoras (*Cyanoloxia brissonii* e *Coryphospingus pileatus*) com boa representatividade histórica em coleções zoológicas. Acreditamos que avaliando espécimes com mais de meio século de história poderemos olhar para o passado recente para entender como as populações de aves estão lidando com as mudanças que estão ocorrendo na Caatinga e inferir sobre o seu futuro. Especificamente, hipotetizamos que aumentos na temperatura da Caatinga, poderiam resultar em uma diminuição do tamanho corpóreo das aves, e um aumento no tamanho dos apêndices corporais como asas e tarsos, conforme sugerido pelas regras de Bergmann (Bergmann, 1847) e Allen (Allen, 1877). Estas modificações permitiriam lidar melhor com a regulação térmica e a evapotranspiração. Mudanças no tamanho da cauda, poderiam apontar para eventos seletivos associados com a dispersão das espécies. Em relação aos isótopos, as mudanças antropogênicas observadas na Caatinga ao longo do tempo poderiam resultar em aumento ou diminuição na largura dos nichos isotópicos das espécies, dependendo da resposta e resiliência das espécies estudadas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Investigar potenciais respostas fenotípicas e de nicho ecológico em espécies de aves como consequência das mudanças climáticas ocorridas nos últimos 65 anos no semiárido brasileiro.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar mudanças climáticas (temperatura e precipitação) na Caatinga nos últimos 65 anos;
- Avaliar potenciais mudanças em apêndices corporais, como bico, tarsos e asas de quatro espécies de aves da Caatinga nesse período;
- Descrever o nicho isotópico das 4 espécies de aves utilizadas no estudo;
- Empregar valores isotópicos de carbono e nitrogênio em dois períodos de tempo (históricos e modernos) para descrever potenciais mudanças nos padrões ecológicos de quatro espécies de aves da Caatinga.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Mudanças climáticas são alterações persistentes no estado do clima global, que podem ser identificadas por alterações na média ou na variabilidade de índices como precipitação e temperatura (Giorgi, 2005). Ao longo do tempo, a Terra passou por diversos períodos de extremos climáticos causados por desequilíbrios naturais. Mas no caso das mudanças climáticas atuais, existem provas concretas de que as atividades humanas contribuíram para a rápida mudança nos padrões climáticos (IPCC 2007, 2013). Nos últimos anos, houve uma tendência global de aumento de temperatura de 0,18 °C por década (Hayhoe et al., 2017). Dados aproximados demonstram que a temperatura média anual global de superfície aumentou cerca de 1,0°C nos últimos 115 anos (1901-2016), sendo este o período mais quente da história da civilização (Wuebbles et al., 2017).

Caso haja uma continuidade no uso de combustíveis fósseis e na emissão de gases GEE, as projeções apontam um possível aumento de entre 1 e 6 °C na temperatura da América do Sul (IPCC, 2000). Para os grandes biomas sul-americanos, existe a probabilidade de que as mudanças climáticas agravem problemáticas já existentes. Para a Amazônia, por exemplo, uma redução na precipitação induzida pelas mudanças climáticas pode somar-se às reduções previstas como resposta ao desmatamento (Nobre et al., 1991), o que tornará o cenário mais preocupante para a biodiversidade local (Bush et al., 2011).

No Brasil, os impactos das mudanças climáticas se estendem por todos os biomas. No Nordeste, o clima do semiárido tende a se tornar mais extremo, com o aumento da intensidade e da frequência de períodos de seca causados pela perda gradual de recursos hídricos (Marengo et al., 2007). As regiões Nordeste e Centro-Oeste são apontadas como as mais vulneráveis frente às alterações no clima, por somarem mudanças abruptas no uso de terra e baixa disponibilidade de chuva (Marengo, 2008). O semiárido brasileiro vem sofrendo diversas pressões nos últimos anos, como a urbanização e a mudança no uso da terra (Lima et al., 2022). Estima-se que metade da Caatinga já teve sua vegetação convertida em áreas urbanas ou agrícolas (Castelletti et al., 2004). Somando-se a isto, desde 1985, a Caatinga já perdeu mais de 30 hectares de área de superfície de água (Mapbiomas, 2021), além de ter perdido, neste mesmo período de tempo, 10% de sua cobertura vegetal (Paredes-Trejo et al., 2021). Esses dados demonstram que o ambiente do semiárido brasileiro já vem sofrendo pressões antrópicas que são danosas ao meio ambiente e que as mudanças climáticas podem catalisar esses problemas. Na Caatinga se destaca a técnica de agricultura de corte e queima, que é danoso para o solo e diminui os bancos de sementes, podendo ser um agravante do aumento da temperatura na região (Mamede et al., 2008).

As forças antrópicas têm influência sobre o clima por diversos meios, como a emissão de gases de efeito estufa, emissão de enxofre e carbono negro (Stern & Kaufmann, 2013). Esses fatores promovem vários efeitos negativos sobre a atmosfera, o que influencia diretamente as espécies vegetais e animais. De acordo com a IUCN (2012), cerca de 20 espécies foram extintas nos últimos anos como potencial resultado das alterações climáticas. As mudanças climáticas podem alterar tanto relações entre espécies, aumentando a competição por recursos e habitat, como também limitar o tempo de atividade ou de período reprodutivo de espécies (Sinervo et al., 2010; Pearce-Higgins et al., 2010).

3.2. RESPOSTA DAS ESPÉCIES

Para se estabelecer em uma área, as espécies precisam ter um conjunto de características morfológicas e funcionais necessárias para lidar com os fatores bióticos e abióticos (Ricklefs, 1993; Barbosa, 2009). Este conceito define a filtragem ambiental, que determina a composição de uma comunidade baseada nestas características das espécies. A filtragem de habitat pode resultar na coexistência de espécies que são mais estreitamente relacionadas do que esperado ao acaso (Webb et al., 2002). Por exemplo, em um ambiente de elevadas temperaturas, espécies sem características que transmitem tolerância a altas temperaturas são excluídas, fazendo com que a comunidade local seja composta por espécies que possuem tolerância aos fatores ambientais locais. Portanto, à medida que as condições ambientais mudam ao longo do tempo, as pressões seletivas também se alteram, o que pode levar a mudanças na morfologia das espécies. As mudanças climáticas têm o potencial de afetar significativamente os padrões de seleção de espécies (Saikkonen et al., 2012). À medida que as condições climáticas globais se alteram, espera-se que o ambiente onde as espécies vivem também mude, o que pode levar a mudanças nas pressões seletivas que atuam sobre essas espécies.

A antropização, junto a mudanças graduais na estrutura do clima, cria ambientes desfavoráveis à maioria das espécies vegetais e animais, causando principalmente a redução de populações, de serviços ecológicos e mudanças radicais na estrutura dos habitats (Shochat et al., 2006). Porém, o estudo sobre as consequências diretas dessas mudanças sobre a biologia dos animais requer estudos de monitoramento de longo prazo para as espécies (Esquivel-Muelbert et al., 2019). Por conta disso, hoje há poucas evidências de impactos generalizados das mudanças climáticas na composição dos ecossistemas tropicais, que abrigam grande parte da diversidade do planeta (Fauset et al., 2012).

Há evidências de que espécies animais e vegetais vem respondendo às mudanças no clima nos últimos tempos (Daufresne et al., 2009; Şekercioğlu et al., 2012). Em relação aos animais endotérmicos, algumas alterações vêm sendo documentadas, como mudanças na fenologia, morfologia e na distribuição. A fenologia avalia as atividades sazonais das espécies, como floração ou reprodução (Câmara, 2006), sendo importante pois explica relações ecológicas complexas, além de fornecer evidências dos efeitos das mudanças climáticas nos organismos (Hughes et al., 2000). Adaptações fenológicas, por exemplo, ajustam o pico reprodutivo com a maior disponibilidade de recursos (Hjort et al., 1914). Alterações fenológicas podem estar associadas com a forma que plantas e animais respondem às alterações climáticas (Root et al., 2003). Alterações climáticas podem afetar a disponibilidade de alimentos e assim influenciar a sua reprodução e sobrevivência (Durant et al., 2007). Parmesan & Yone (2003) relataram que de 677 espécies, 62% apresentaram mudanças na fenologia para evitar períodos mais quentes, provocando uma reação em cadeia de adaptações fenológicas para garantia do sucesso reprodutivo. Espera-se que as mudanças climáticas continuem afetando a sincronicidade das atividades sazonais dos organismos e da disponibilidade de recursos nos próximos anos (Marcel et al., 2003).

Nas Montanhas Rochosas do Colorado, nos Estados Unidos, onde há um único mês de vegetação livre de camadas de neve, várias espécies se adaptaram à sazonalidade do ambiente. Porém, com o aumento da temperatura mínima anual, alterações nos ciclos sazonais das espécies (Inouye et al. 2000) . Espécies de plantas, por exemplo, estão apresentando um adiantamento no período de floração, e vertebrados, como *Marmota flaviventris*, vem apresentando um aumento populacional significativo por ter mais tempo

de recursos alimentares disponíveis. Mudanças também vêm sendo documentadas no período reprodutivo de Gaio-mexicanos (*Aphelocoma ultramarina*), também na América do Norte, por influência da diminuição dos índices pluviométricos na região (Brown et al., 1999). Em um estudo realizado na Península Ibérica, em um período de 20 anos, seis espécies de aves migratórias apresentaram adiantamento no período de chegada ao local de reprodução em anos mais quentes (Gordo et al., 2006). Esses dados demonstram uma resposta global de diferentes grupos biológicos frente às alterações climáticas.

Outro fator importante a se avaliar no contexto de alterações no clima, são as distribuições das espécies. O clima é um dos fatores determinantes dos limites de distribuição; portanto, mudanças na estrutura do clima podem causar danos na estrutura das populações, causando retrações e deslocamentos na distribuição das espécies (McClean et al., 2005). Por exemplo, é esperado que as mudanças climáticas provoquem um deslocamento das populações em direção aos polos geográficos ao longo do tempo (Thomas & Lennon, 1999), mas esta é uma resposta que varia entre espécies, principalmente por ser afetado por outros fatores como as características das próprias espécies e pressões de mudança no uso da terra (Thomas et al, 2010; Eglinton & Pearce-Higgins, 2012). Beale (2008) definiu que 32% das espécies de aves possuem sua área de distribuição limitada pelo clima, enquanto Perry et al. (2005) demonstraram que peixes de interesse comercial tendem a mudar sua distribuição aumentando a profundidade frente ao aumento da temperatura dos oceanos, o que demonstra o impacto das mudanças climáticas na distribuição das populações naturais. Portanto, entender como essas mudanças podem alterar a configuração das assembleias é de extrema importância no cenário atual, já que estudos preveem um cenário alarmante onde as alterações na estrutura do clima promoverão a perda de habitat e a extinção de muitas espécies (Thomas et al., 2004).

Em um estudo realizado na Grã-Bretanha, analisou-se populações históricas de 329 espécies, das quais 275 apresentaram um deslocamento médio de 30-60km para o Norte e 56 espécies com o mesmo deslocamento para o sul, como resposta ao aumento de temperatura na região (Hickling et al, 2006). Ao longo das próximas décadas, prevê-se que as mudanças climáticas serão um fator significativamente influente na alteração da composição das comunidades ecológicas, desempenhando um papel fundamental na transformação e no deslocamento de comunidades naturais (Newbold et al., 2018). Estudos de efeitos na distribuição ao longo prazo só são possíveis com registros históricos sólidos, e poucos grupos possuem dados bem amostrados de distribuição para este tipo de análise, o que dificulta este tipo de estudos.

Nos últimos anos, uma terceira resposta vem sendo estudada para as espécies de animais endotérmicos. Mudanças morfológicas vêm sendo associadas às mudanças climáticas (Gardner et al., 2011; Weeks et al., 2019). Este é um conceito baseado na regra biogeográfica de Bergmann, que define que animais em latitudes maiores tendem a ter um maior tamanho corporal (Bergmann, 1847). Evidências empíricas apontam que 73% das espécies de aves avaliadas respondem à alterações na temperatura, por conta da latitude ou altitude, através de mudanças na morfologia (Meiri & Dayan, 2003), tornando o animal termodinamicamente mais eficiente (Scholander et al., 1950). O modelo proposto por Bergmann (1847) sugere que essa variação seria o resultado de uma melhor retenção de calor em animais maiores, devido à relação entre superfície e volume. Por outro lado, as mudanças no tamanho corporal podem não necessariamente estar ligadas diretamente à influência do clima na população afetada, pois também pode ocorrer como uma resposta a mudanças nas condições ambientais, como mudanças na abundância e no tipo de alimentos disponíveis (Teplitsky et al., 2008). Por ser uma regra ecogeográfica

geral para endotérmicos, espera-se encontrar diminuições nos tamanhos corporais frente ao aumento da temperatura média global.

Mesmo que as mudanças morfológicas sejam uma resposta global, os apêndices morfológicos que sofrem alteração variam de acordo com a espécie e a região. Para espécies de aves migratórias, o aumento da área das asas tem sido interpretado como uma compensação à perda de massa aumentando a eficiência na migração (Weeks et al., 2019). Já para aves sedentárias, a tendência é que estas apresentem redução na massa corporal como resultado das pressões do clima (Jirinec et al., 2021). Ambas as mudanças citadas podem se relacionar com a necessidade de termorregulação. Por outro lado, o aquecimento climático pode estar favorecendo o desenvolvimento de apêndices maiores que tornam a dissipação de calor mais eficaz (McKechnie et al., 2019).

Por vezes, as alterações morfológicas podem influenciar outras respostas nas aves. Em um estudo sobre os efeitos das mudanças climáticas feito com aves migratórias de Chicago, encontrou-se uma relação significativa entre o comprimento relativo da asa e a fenologia da migração de primavera (Zimova et al., 2021). Neste caso, espécies que apresentaram aumento na asa chegaram primeiro na área de migração para escapar de períodos mais quentes na região.

3.3. NICHOS ISOTÓPICOS

O conceito de nicho ainda é controverso em estudos ecológicos, principalmente por divergências metodológicas sobre como definir e medir o nicho de uma espécie (McInerney & Etienne, 2012). A Teoria do Nicho sugere que cada espécie tem necessidades ecológicas específicas, tidas como sua capacidade de tolerância a fatores bióticos e abióticos, delineando o nicho como um espaço n-dimensional (de Carvalho, 2011). O conceito do nicho ecológico foi desenvolvido por Grinnell (1924), que o definiu como uma unidade de distribuição final, modulada por características climáticas e físicas. Este primeiro conceito incorporou a ideia de nicho potencial ou fundamental, que seria uma distribuição idealizada na ausência de interações interespecíficas no ambiente (Vandermeer, 1972). Segundo Grinnell, o nicho seria uma característica do ambiente, coincidindo com Elton (1927) nesta ideia.

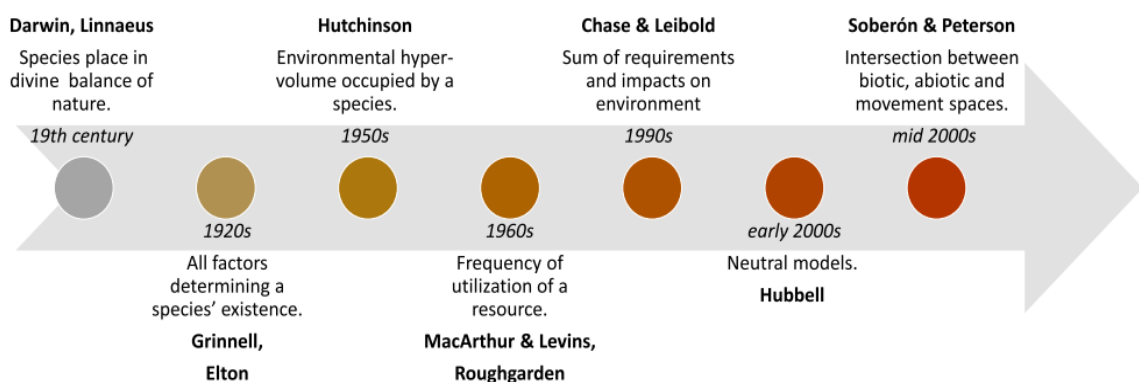


Figura 1. Conceitos de nicho e seus autores ao longo da história. Conceitos importantes para a construção da ideia de nicho foram introduzidos ao longo dos anos, como o acréscimo das relações de cadeias tróficas (Elton, 1927) e as relações com o ambiente e a sazonalidade (Chase & Leibold, 2003). Fonte: Sales et al., 2021.

Hutchinson foi o segundo autor mais influente na teoria dos nichos ecológicos. Diferentemente das ideias anteriores, este foi um conceito que definiu que nicho seria uma característica das espécies, já que este seria um espaço hipervolumétrico formado por vários eixos de condições e recursos que definiriam a permanência ou não da população naquele local (Hutchinson, 1957). Segundo esta ideia, o nicho fundamental seria uma forma abstrata do que normalmente se entendia por nicho ecológico. Uma das grandes contribuições do conceito de hipervolume foi a implementação da ideia de eixos que definem os nichos e mensuram variáveis cenopoéticas (aqueles que definem o estado bioclimático em que a espécie pode ocorrer), e os eixos binômicos, que definem os recursos (Hutchinson, 1978).

Com a retomada do conceito de nicho ecológico por vários autores nos últimos anos (Chase & Leibold, 2009; Elith et al., 2006), a ecologia isotópica incorporou as ideias de Hutchinson sobre a divisão dos eixos para a criação de uma nova forma de medir o nicho de uma espécie. A utilização de isótopos estáveis forneceria informações sobre o uso de recursos e habitat necessários para definir o espaço de um nicho ecológico, traduzido na forma de um δ -espaço (Newsome et al., 2007). Portanto, a união dos dados multivariados de composição química dos organismos, incorporados em seus tecidos através dos recursos alimentares, e pelo local onde estes recursos foram adquiridos, seriam equivalentes ao espaço n-dimensional postulado pelos conceitos de nicho anteriores (Post et al., 2002). Ao longo do tempo, várias formas de medir o nicho isotópico foram utilizadas em estudos ecológicos. Inicialmente, Bearhop et al. (2004) propuseram que a variação dos valores isotópicos no espaço bi-dimensional de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ poderia ser utilizada para definir o tamanho de nicho, que seria uma forma de comparar diferenças entre espécies. Esta técnica, conhecida como *Convex Hull*, é baseada no teste de MCP (Mínimo Polígono Convexo), que neste caso funcionaria como uma medida da quantidade total de espaço de nicho ocupado, representando a extensão total da diversidade trófica no espaço bi-dimensional (Layman et al., 2007; Eckrich et al., 2019). Porém, esta é uma abordagem limitada ao tamanho da amostra e sensível a valores discrepantes (*outliers*). Por isso, Jackson et al. (2011) propuseram uma abordagem com novas técnicas analíticas bayesianas utilizando o pacote Stable Isotope Analysis in R, que define a largura do nicho como resultado do cálculo da área da elipse resultante (também chamada de SEA).

Para analisar o nicho isotópico das espécies utilizadas, o presente estudo utilizou isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$). Embora o discutido nicho isotópico possa refletir uma gama de influências ecológicas e ambientais que afetam a circulação desses elementos em sistemas biológicos, este pode ser definido como nicho trófico quando o fator principal é a relação de organismo-recurso (Bearhop et al., 2004).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A Caatinga representa o maior bloco de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS) da região Neotropical (Fig. 2). Assim como outras FTSSs, a Caatinga apresenta um clima sazonal fortemente marcado (Murphy & Lugo, 1986), apresentando condições climáticas tropical-semiárido, sendo considerada como uma das regiões do planeta climaticamente mais complexas (Nimer, 1989). Sua vegetação é composta principalmente por espécies arbóreas e arbustivas adaptadas à seca, com espinhos e/ou folhas pequenas (microfolia) ou suculentas, como as cactáceas (Pennington, 2004).

4.2. ESPÉCIES-ALVO

Escolhemos 4 espécies de aves para nossas análises, incluindo duas espécies insetívoras (*Myrmorchilus strigilatus* e *Hemitriccus margaritaceiventer*) e duas espécies granívoras (*Cyanoloxia brissonii* e *Coryphospingus pileatus*) (Fig. 3). Estas espécies são amplamente distribuídas nas diferentes ecorregiões da Caatinga (Fig. 3). A escolha das espécies levou em consideração a possibilidade de montar séries históricas, que vão desde 1951 até o presente, na Coleção de Aves UFPE, com os espécimes mais antigos depositados na Coleção de Aves do MZUSP. A escolha de aves insetívoras e granívoras foi importante para permitir comparar o nicho isotópico em guildas tróficas diferentes, com o intuito de analisar sobreposições e entender as respostas de cada guilda às mudanças ambientais.

Para as análises isotópicas, os espécimes foram separados em dois grupos: históricos (pré-1990) e modernos (pós-1990). Desde a década de 1980, a Caatinga apresentou um decréscimo de 10% da sua cobertura vegetal nativa, enquanto a degradação ambiental e as secas severas levaram a Caatinga a perder 40% de sua água de origem natural (MapBiomas, 2020; Paredes-Trejo et al., 2021) desde então.

4.3. DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos foram retirados da base WorldClim 2.1 (Fick & Hijmans, 2017). As variáveis climáticas obtidas incluíram: i) temperatura máxima (Tmax), ii) temperatura mínima (Tmin) e iii) precipitação média (Prec) das localidades dos espécimes utilizados. Essas variáveis apresentaram uma resolução de 2,5 minutos de arco e foram obtidas em um intervalo de 50 anos, o máximo disponível para a plataforma. As temperaturas mínimas e máximas e os índices pluviométricos foram obtidos para cada uma das localidades amostradas, dividindo-se por décadas, desde 1950 até os tempos atuais, utilizando a função *extract* do pacote Raster (Hijmans, 2023) para as coordenadas de coleta de cada espécime.

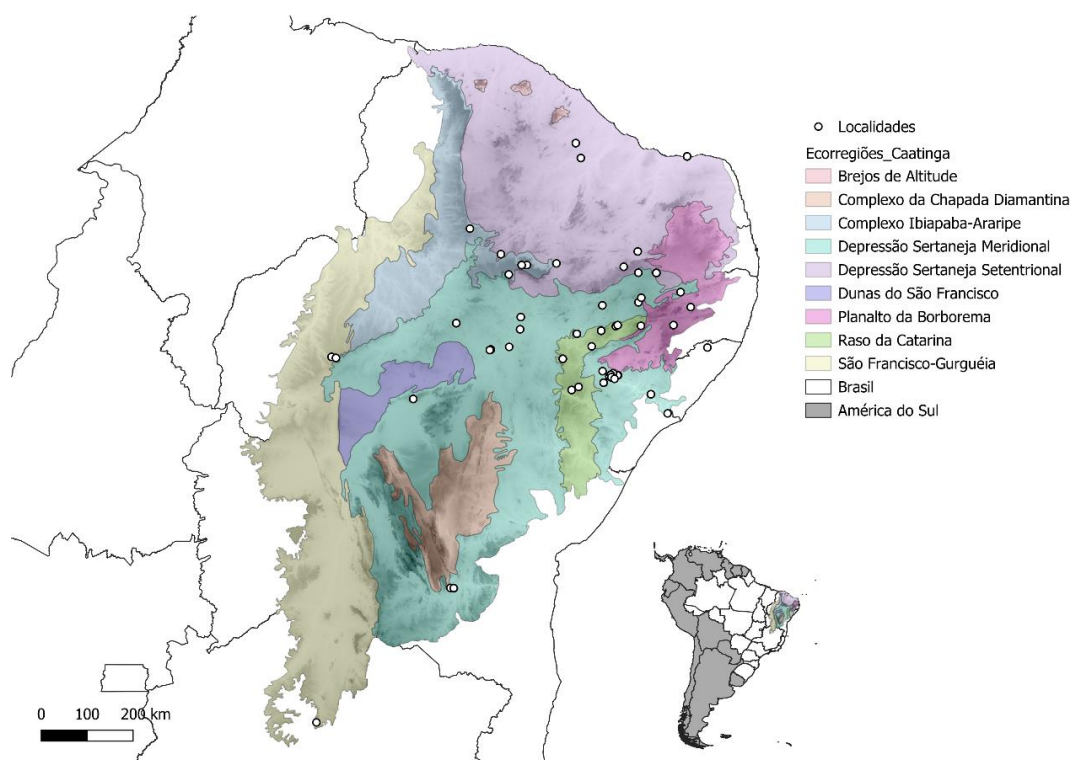


Figura 2. Área da Caatinga (segundo as limitações propostas por Tabarelli et al., 2018) e suas ecorregiões com os pontos de amostragem. Pontos brancos representam as localidades dos espécimes utilizados no estudo.

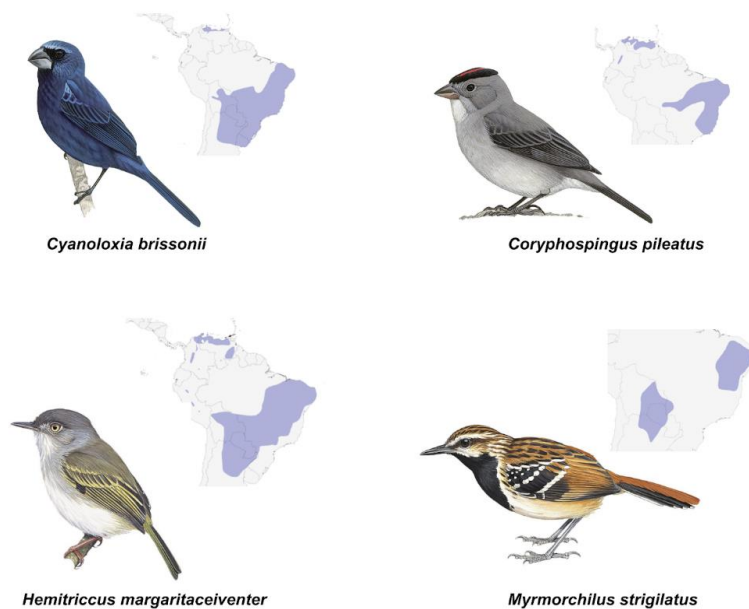


Figura 3. Espécies-alvo utilizadas no estudo e suas respectivas distribuições na América do Sul. As imagens das aves foram obtidas do site Birds of the World (<http://www.birdsoftheworld.com>).

4.4. MORFOMETRIA

Os dados morfométricos dos espécimes foram obtidos a partir de exemplares presentes na apenas na Coleção de Aves da UFPE. Foram utilizados 216 indivíduos de 4 espécies

de aves da Caatinga (Tabela 1). Os espécimes foram divididos em séries históricas, que tiveram início na década de 1965 até 2021. Os espécimes mais antigos, que datam da década de 50, não foram utilizados para morfometria. Foram obtidas medidas relacionadas com o tamanho e forma dos indivíduos, incluindo i) três medidas do bico (comprimento a partir da narina, largura e altura total) ii) comprimento da asa direita, iii) cauda, iv) tarso direito, e v) o peso (g) de cada indivíduo (Fig. 4). A medição foi padronizada para todos os espécimes, com a utilização dos mesmos equipamentos (régua e paquímetro) para todos os caracteres.

Tabela 1. Lista de espécimes das espécies-alvo, incluindo o número de amostras nas análises morfométricas. O valor total na última coluna indica o número amostral total de cada espécie.

Espécies-alvo	Amostras por década								
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	Total
<i>Myrmorchilus strigilatus</i>	5	0	1	3	11	6	8	5	39
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	6	0	0	6	27	13	13	0	65
<i>Cyanoloxia brissonii</i>	5	0	5	3	4	7	5	2	31
<i>Coryphospingus pileatus</i>	5	0	6	4	36	23	4	3	81

Medidas do Bico, asa e tarso

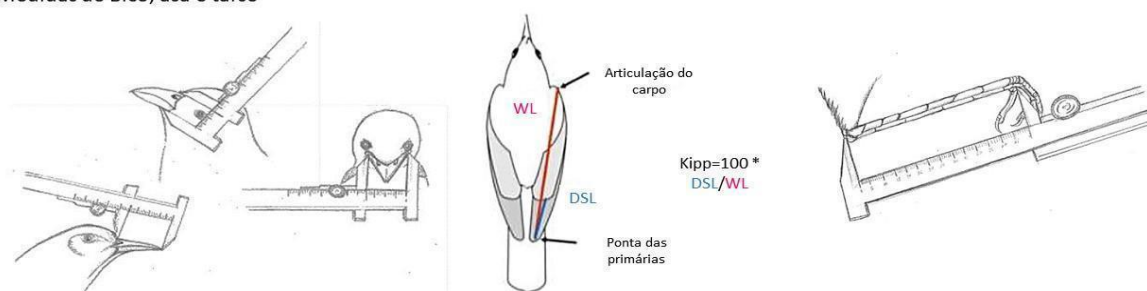


Figura 4. Caracteres medidos nos espécimes de coleção. Medimos altura, largura e comprimento do bico, área total das asas, da cauda e dos tarsos. Fonte: Silva, 2020.

4.5. ISÓTOPOS ESTÁVEIS

Diferentes tecidos possuem taxas diferentes de incorporação e *turnover* isotópicos, o que implica que penas, ossos e sangue apontam momentos temporais diferentes da dieta das aves (Boecklen et al. 2011). Neste trabalho, utilizamos a nona rêmige primária (oitava primária para *C. pileatus* e *C. brissonii*) para avaliar os valores de isótopos estáveis. A escolha das penas para as análises levou em consideração a possibilidade de se produzir uma série histórica para cada espécie utilizando espécimes já disponíveis em coleções

zoológicas. Para complementar as amostras disponíveis na Coleção de Aves da UFPE, incluímos 28 espécimes do Museu de Zoologia da USP, aumentando a representatividade histórica, com espécimes de 1957 a 1971.

Foram coletadas amostras de cerca de 0,5 cm² dos vexilos da parte inferior da nona rêmige de 122 (Tabela 2) espécimes para a análise isotópica de carbono e nitrogênio. Cada amostra foi armazenada em cápsulas de estanho de 5 × 3,5 mm e enviadas para análise no Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/Universidade de São Paulo). As análises isotópicas foram realizadas utilizando um analisador elementar, que queima as amostras para formar gases de CO₂ e N₂, acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica de fluxo contínuo, de onde são obtidos os valores isotópicos em delta (δ) por mil (‰).

4.6. CORREÇÃO DAS RAZÕES ISOTÓPICAS

Com o aumento da emissão de carbono antropogênico (na forma de CO₂) na atmosfera, causado pelo crescente aumento no uso de combustíveis fósseis desde a revolução industrial, os valores de δ¹³C atmosférico vem sendo alterados ao longo dos anos. Tendo em vista que as plantas formam a base da maioria das teias alimentares das aves e que o δ¹³C consumido se relaciona diretamente com sua dieta (DeNiro & Epstein, 1978), as concentrações nos tecidos animais podem ser indiretamente influenciadas pelo aumento das emissões de CO₂ atmosférico (Long et al., 2005). Sendo assim, foi necessário corrigir os valores isotópicos de carbono das amostras. A correção dos dados utilizou o modelo fornecido em Long et al., 2005, o qual foi construído a partir de medições de alta precisão do δ¹³C do CO₂ atmosférico aprisionado em geleiras e medições diretas do δ¹³C do CO₂ atmosférico moderno, os autores deste estudo testaram a acurácia do modelo através da correção de amostras históricas de um vertebrado, corroborando a eficácia do mesmo.

No processo de impregnação dos isótopos nos tecidos, várias reações químicas podem alterar os valores isotópicos. Essas alterações são chamadas de fatores de discriminação isotópica (TDF, em inglês), que são processos intrínsecos ao organismo que geram diferenças nos valores isotópicos entre o consumidor e o recurso consumido (DeNiro & Epstein, 1976). Os TDFs podem variar de acordo com o tipo de tecido no qual os isótopos são fixados, na dieta e proximidades filogenéticas das espécies sendo analisadas (Healy et al. 2018), o que implica na necessidade de considerar o uso de fatores de correção desses valores para estudos de ecologia trófica com aves. Usamos o pacote SIDER no R (Healy et al. 2018) para calcular os valores de TDF para cada uma das espécies analisadas isotopicamente e aplicamos os TDFs para corrigir os valores isotópicos (carbono e nitrogênio) individuais dos espécimes.

4.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A largura e sobreposição dos nichos, tanto do nicho fundamental quando para a divisão temporal de amostras históricas e modernas, foram calculadas no pacote SIBER do R (“Stable Isotope Bayesian Ellipses in R”) (Jackson et al., 2011). A largura do nicho isotópico foi mensurada através da métrica SEAb (Bayesian Standard Ellipse Area), utilizando a variação de δ¹³C e δ¹⁵N entre indivíduos dos diferentes agrupamentos temporais sob uma abordagem Bayesiana para obtenção da área da elipse. A sobreposição dos nichos foi calculada sob uma abordagem espécie-específica e também por guildas tróficas usando a função `bayesianOverlap` do pacote SIBER. A sobreposição de nicho indica se as espécies têm requisitos semelhantes de habitat e recursos alimentares; portanto quanto maior a sobreposição, mais parecido deve ser o uso de recursos entre as espécies comparadas.

Tabela 2. Lista de espécies-alvo e número de amostras processadas para as análises isotópicas. O valor total na última coluna indica o número amostral total por espécie, e nos dois grupos temporais (pré e pós 1990).

Espécie s-alvo	Décadas								
	Pré-1990					Pós-1990			
	50	60	70	80	90	00	10	20	Total
<i>Myrmorchilus strigilatus</i>	5	0	1	4	4	4	4	4	26 (10/16)
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	6	0	0	5	5	5	5	0	31 (11/20)
<i>Cyanoloxia brissonii</i>	5	0	5	3	4	4	5	0	26 (13/13)
<i>Coryphoingus pileatus</i>	5	0	5	4	6	7	6	3	36 (14/22)

4.8. ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Para quantificar as possíveis mudanças morfológicas ao longo do tempo, modelamos cada aspecto da morfologia como uma variável dependente em um modelo linear de efeitos mistos usando a função 'lmer' do pacote R lme4 (Bates et al. 2015) no R. Para testar a mudança em cada característica ao longo do tempo, incluímos o ano como efeito fixo, buscando detectar se há diferença nas respostas das espécies dependendo do ano. Para cada espécie, calculamos a temperatura média e precipitação durante cada ano para o qual esses dados ambientais estavam disponíveis (1960–2018), usando modelos lineares mistos para quantificar os impactos dessas variáveis ambientais específicas no corpo das aves. Para testar se os preditores ambientais têm influência na flutuação no tamanho do

corpo em relação às variáveis climáticas e ambientais, testamos se as flutuações morfológicas estão correlacionadas e sincronizadas temporalmente com as flutuações em cada uma das variáveis ambientais. Utilizamos modelos aditivos generalizados (GAMs) ajustados a cada variável significativa dos modelos lineares, modelando-os em função do tempo e com efeito aleatório para espécies. Padronizamos a medição de apenas o lado direito do corpo dos espécimes (para tarsos e asas) e usamos uma PCA para normalizar os valores obtidos em três medidas do bico.

5. RESULTADOS

5.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA CAATINGA

Utilizando dados climáticos abrangendo um período de cinco décadas, realizamos uma análise detalhada das mudanças climáticas na região da Caatinga onde utilizamos séries históricas de amostragem de aves. Os resultados revelaram alterações significativas no clima da região desde 1970. As temperaturas máximas exibiram um aumento progressivo ao longo das décadas (GLMM, T_{max} $p = 0,04$) (Fig. 5A), com um acréscimo de 1 °C entre 1970 e 2020. Em paralelo, observou-se também uma diminuição de 5mm/ano na precipitação média anual desde 1970 (GLMM, $Prec$ $p = 0,05$) (Fig. 5B).

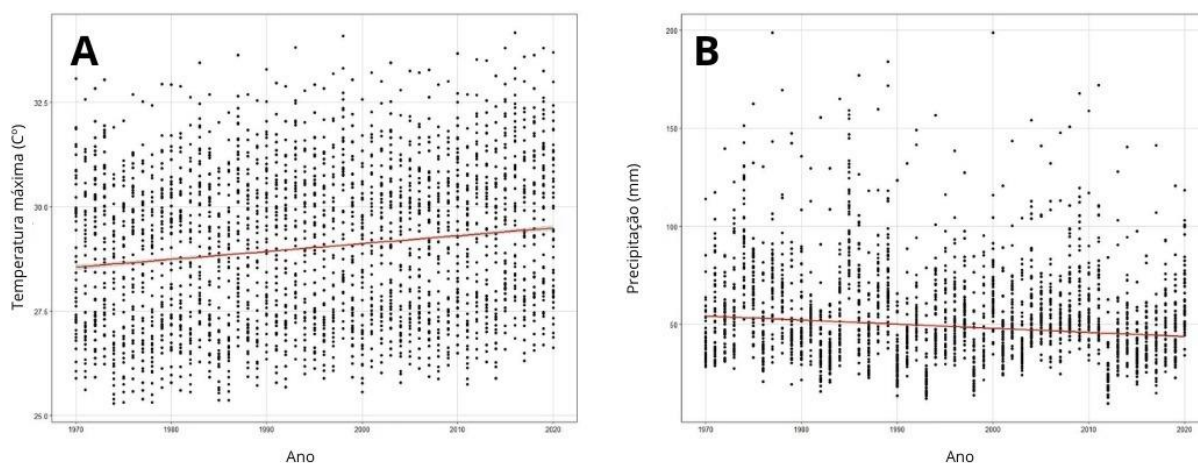


Figura 5. Valores médios anuais de temperatura máxima (A) e precipitação (B) das localidades da Caatinga amostradas no trabalho entre 1970 e 2021. Ambas as variáveis apresentaram variação significativa ao longo dos anos.

5.2. MORFOMETRIA

Com o estudo de mais de 1.692 caracteres medidos em 216 espécimes, amostradas em uma diversidade de ecorregiões e ambientes da Caatinga, obtivemos resultados referentes à forma das espécies. Em geral, houve pouca variação morfométrica nas variáveis medidas das espécies-alvo nos últimos 50 anos (Tabela 2). Três das variáveis medidas apresentaram mudanças temporais na escala estudada. Entretanto, estas mudanças não foram consistentes em todas as espécies, sugerindo efeitos espécie-específicos. Nossos dados mostraram relação positiva entre a temperatura máxima e o tamanho do tarso ($F = 1.32$, $p = 0,03$) e comprimento da cauda máxima ($F = 2.49$, $p = 0,024$) em *Cyanoloxia brissonii* (Tabela 3). Também encontramos uma relação significativa entre a precipitação e o bico ($F = 1,05$, $p = 0,027$) em *Myrmorchilus strigilatus*. Para os outros caracteres, nossos resultados não detectaram outras mudanças morfológicas significativas ao longo dos anos.

Tabela 3. Resultado dos modelos aditivos generalizados (GAMs) usados para avaliar a relação entre mudanças morfométricas em quatro variáveis dependentes e duas variáveis climáticas testadas, incluindo temperatura máxima e precipitação média anual. Em negrito, as variáveis significativamente diferentes ao longo dos anos e relacionadas com o clima. Variáveis do bico (altura, largura e comprimento) são representadas através do primeiro eixo de uma Análise de Componentes Principais (PCA).

Táxon e variáveis		Asa dir.	Tarso dir.	Bico (PCA)	Cauda
<i>C. brissonii</i>					
Prec.	p	0.97	0.99	0.42	0.06
	F	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.92
Tmáx	P	0.80	0.03	0.69	0.002
	F	< 0.01	1.32	< 0.01	2.49
<i>C. pileatus</i>					
Prec.	p	0.76	0.36	0.31	0.87
	F	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Tmáx	P	0.83	0.69	0.90	0.45
	F	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
<i>H. margaritaceiventer</i>					
Prec.	p	0.43	0.16	0.99	0.78
	F	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Tmáx	P	0.49	0.59	0.43	0.17
	F	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
<i>M. strigilatus</i>					
Prec.	p	0.64	0.25	0.02	0.10
	F	< 0.01	0.14	1.05	0.43
Tmáx	P	0.20	0.17	0.39	0.91
	F	0.35	0.24	< 0.01	< 0.01

5.3. ALTERAÇÃO DO NICHOS ISOTÓPICO

Analizamos amostras referentes a 122 indivíduos e obtivemos o nicho isotópico fundamental para as 4 espécies de aves (Fig. 6). Para compor o nicho fundamental de cada espécie utilizamos todos os indivíduos amostrados, independentemente do grupo temporal, já que o nicho fundamental representa a totalidade de recursos possíveis de serem usados pela espécie. *Coryphospingus pileatus* foi a espécie que apresentou a maior amplitude de nicho (SEAb = 54,4‰). Esta espécie, tida pela literatura como granívora, tem seu nicho fundamental englobando boa parte do nicho de *Cyanoloxia brissonii*, outro granívoro. Porém, a variação nos eixos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ são muito maiores para *C. pileatus*, sugerindo maior diversificação nos níveis tróficos dentro da espécie, com uma maior abrangência de ambientes e recursos utilizados. Por outro lado, *C. brissonii*, *M. strigilatus* e *H. margaritaceiventer* apresentaram menor amplitude no eixo de $\delta^{13}\text{C}$ (de -21,4‰ a um máximo de -27,1). Em uma comparação das sobreposições de nicho entre espécies da mesma guilda trófica, espécies insetívoras apresentaram uma sobreposição maior do que os granívoros (Overlap insetívoros = 0.51; Overlap granívoros = 0.34).

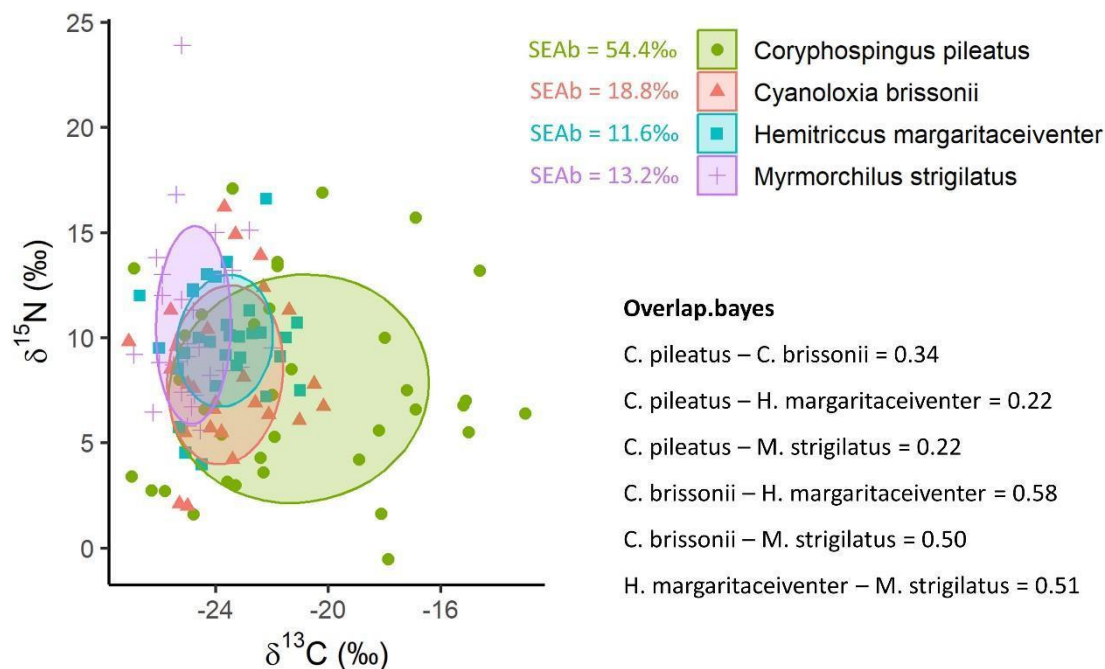


Figura 6. Nicho isotópico fundamental das 4 espécies. As elipses representam todos os recursos e ambientes utilizados pela espécie ao longo do tempo de estudo, com suas amplitudes (SEAb) e sobreposições (*overlap*).

Quando comparados os nichos históricos e modernos, três das quatro espécies analisadas apresentaram variação na largura de nicho isotópico ao longo do tempo (Fig. 7). Entretanto, as respostas das espécies foram diferentes; duas espécies (*M. strigilatus* e *C. brissonii*) apresentaram aumento na largura do nicho em indivíduos modernos, enquanto *C. pileatus* sofreu uma redução do nicho. Por outro lado, *H. margaritaceiventer* não apresentou variação ampla variação na largura de nicho entre os grupos temporais, mantendo esta métrica constante ao longo do tempo. A maior variação detectada foi em *M. strigilatus*, que apresentou um aumento de quase 70% na largura do nicho, enquanto *C. pileatus* apresentou uma redução de quase 10% na amplitude de nicho em indivíduos modernos (Fig. 7). Apesar da redução do nicho no grupo moderno, *C. pileatus* é a espécie com maior tamanho de nicho em comparativo com as outras espécies analisadas, tanto para espécimes históricos (SEAb.histórico = 62,5‰²) quanto para modernos (SEAb.moderno = 57,9‰²), além de ser a espécie que apresenta maior variação em ambos os eixos de $\delta^{13}\text{C}$ (de -30‰ a -10‰) e de $\delta^{15}\text{N}$ (-5 a 20‰) (Fig. 8).

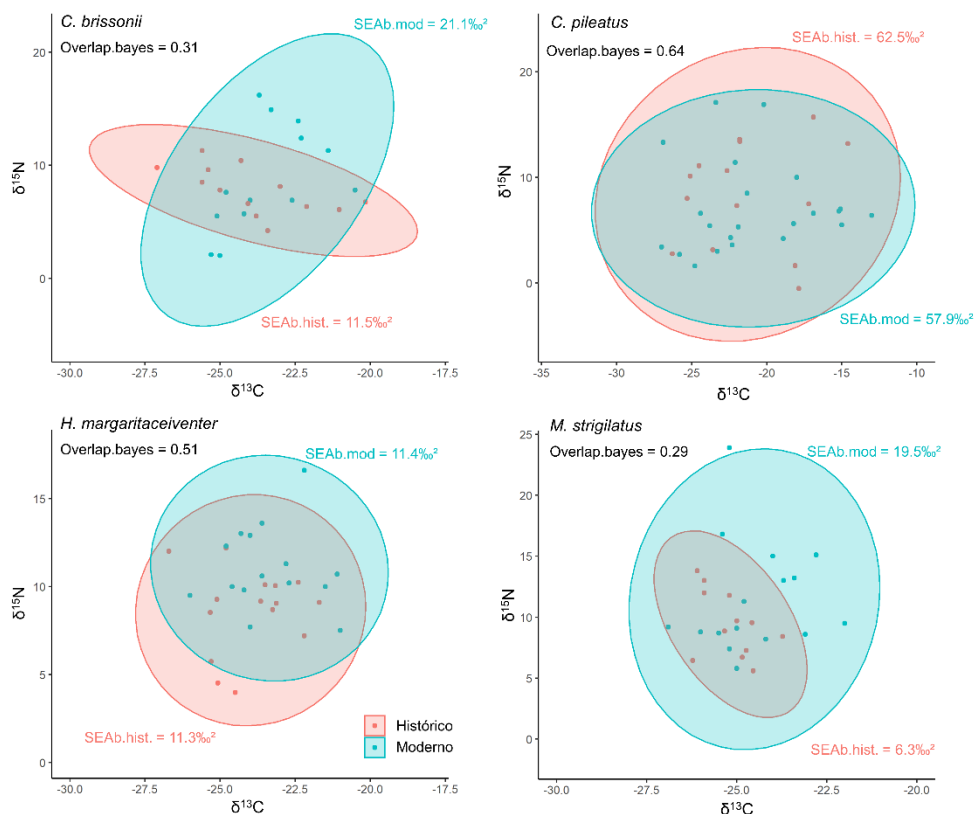


Figura 7. Comparação dos nichos históricos e modernos de *Cyanoloxia brissonii* (n = 26), *Coryphospingus pileatus* (n = 36), *Myrmorchilus strigilatus* (n = 26) e *Hemitriccus margaritaceiventer* (n = 31), indicando sobreposição de nichos históricos e modernos (overlap.bayes) e variação na largura de nicho (SEAb).

Ao agruparmos as espécies em guildas tróficas para a análise entre os grupos temporais, observamos uma alta sobreposição entre os nichos históricos e modernos (Fig. 9). Em geral, o nicho moderno engloba grande parte do histórico, demonstrando uma tendência de expansão. Granívoros e insetívoros modernos tiveram um aumento na largura de nicho isotópico, com a diferença de que os granívoros variaram mais em $\delta^{13}\text{C}$ e os insetívoros em $\delta^{15}\text{N}$. Entre os insetívoros, o aumento do nicho foi de 62% em indivíduos modernos e para os granívoros foi de 25%. No contexto das amostras históricas, observamos a mais alta sobreposição entre os nichos de duas espécies, incluindo uma espécie granívora (*C. brissonii*) e uma insetívora (*H. margaritaceiventer*), com um índice de sobreposição de 0,50 (Fig. 10). Na análise dos espécimes modernos, notamos que as maiores sobreposições ocorreram entre as duas espécies insetívoras (*H. margaritaceiventer* e *M. strigilatus*), com 0,40 de sobreposição, e entre *C. brissonii* e *H. margaritaceiventer*, com 0,42. Esses resultados indicam que, embora tenham ocorrido mudanças significativas nos nichos das espécies ao longo do tempo, algumas interações ecológicas persistentes podem estar ocorrendo entre elas. Por fim, as espécies granívoras, *C. brissonii* e *C. pileatus*, apresentaram baixa sobreposição de nicho em ambos os grupos temporais (overlap = 0,28), indicando uma possível partição de recursos entre essas duas espécies sem evidências de competição entre os grupos.

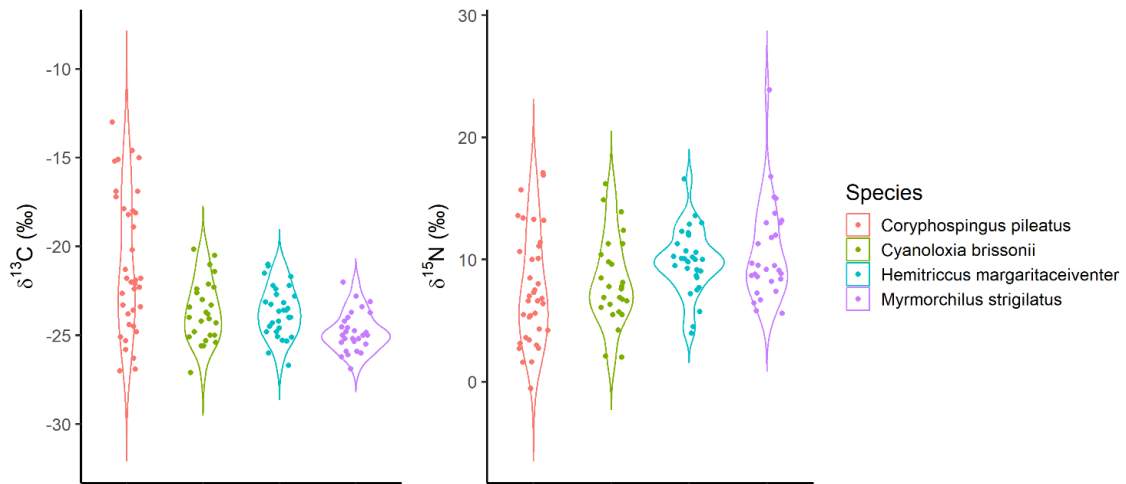


Figura 8. Violin plots indicando a variação de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ apresentada pelas espécies estudadas: *Coryphospingus pileatus* (vermelho), *Cyanoloxia brissonii* (verde), *Hemitriccus margaritaceiventer* (azul), *Myrmorchilus strigilatus* (roxo).

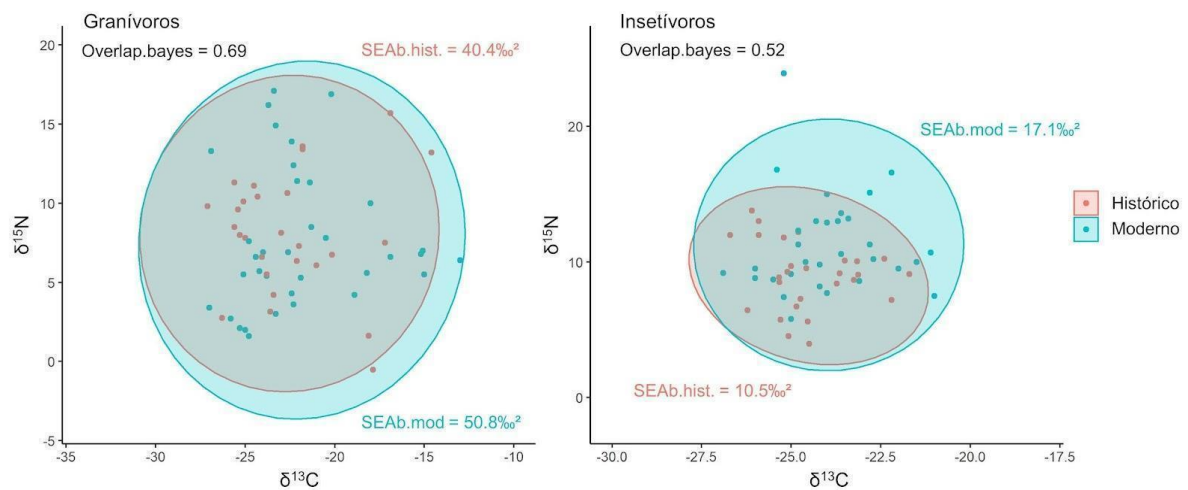


Figura 9. Largura e sobreposição de nicho das guildas tróficas (granívoros (A) e insetívoros (B)), comparando entre grupos temporais (histórico e moderno).

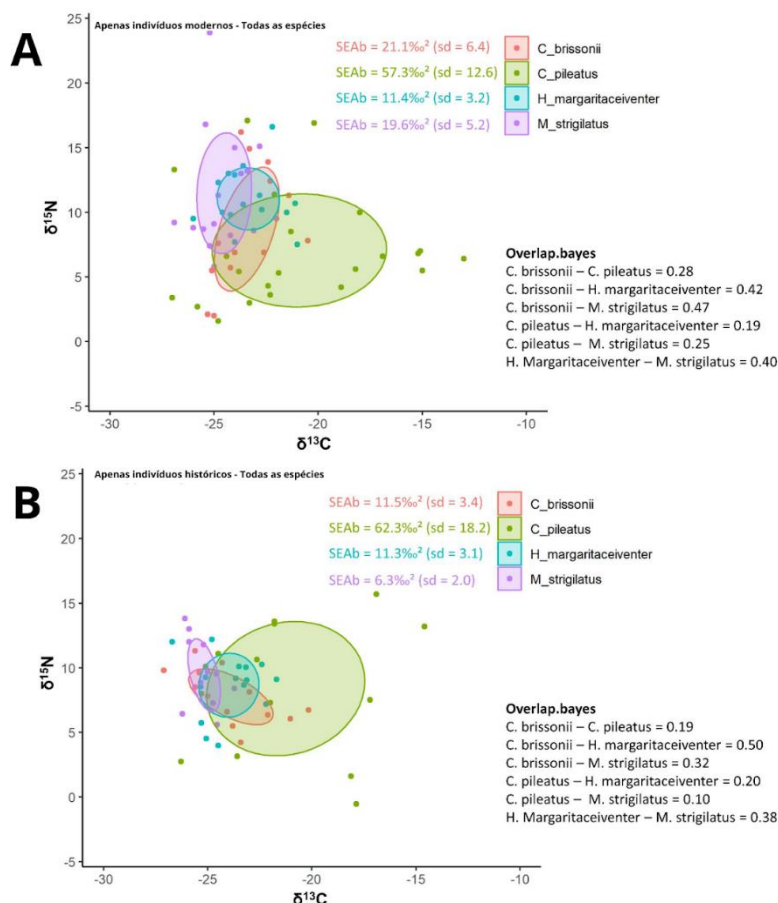


Figura 10. Largura e sobreposição dos nichos isotópicos entre as espécies em uma análise bidimensional ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), agrupando os indivíduos em modernos (A) e históricos (B).

6. DISCUSSÃO

6.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS LOCALIDADES AMOSTRADAS

O presente estudo representa um marco significativo no estudo das aves da Caatinga, uma vez que introduz, pela primeira vez, uma abordagem integrada que utiliza dados morfométricos e isotópicos para analisar as mudanças ambientais no bioma. Ao combinar essas duas metodologias, buscamos obter uma compreensão mais abrangente das respostas das aves à variabilidade climática. Os dados morfométricos proporcionam uma visão detalhada das características estruturais, enquanto os dados isotópicos oferecem *insights* valiosos sobre os processos ecológicos. Nossos resultados permitiram tirar três conclusões principais: i) a temperatura da Caatinga já está mudando, afetando os valores de temperatura máxima e precipitação nos últimos 50 anos; ii) duas espécies de aves apresentaram modificações no tamanho dos membros consistentes com a regra de Allen; e iii) três das quatro espécies amostradas apresentaram mudanças na amplitude do nicho, sugerindo que estas modificaram seu local de forrageamento e/ou a dieta em poucas décadas.

Ao longo do tempo, as localidades amostradas nas séries históricas demonstraram temperaturas máximas cada vez mais altas, com diminuição na precipitação média anual. Estudos anteriores já documentaram um aumento médio geral de 0,8 °C de 1901 a 2000 na Caatinga (Torres et al., 2007). Porém, nossos resultados indicam que, para as localidades amostradas, houve um aumento maior do que o registrado em outros estudos

(IPCC, 2018), visto que essas localidades demonstraram aumento médio de 5 °C na temperatura máxima nos últimos 60 anos. Previsões climáticas baseadas em modelos globais e regionais sugerem um aumento na aridez em várias regiões, modificando a disponibilidade de água e distribuição das espécies, consequentemente modificando os padrões de riqueza do bioma no futuro (Salazar et al., 2007; Torres et al., 2007). A Caatinga, que registrou pela primeira vez na história do Brasil clima desértico (Cemaden, 2022), caminha para um aumento de aridez e longos períodos de estiagem, o que pode gerar danos e catalisar os problemas já enfrentados no bioma. De fato, nossos dados indicam que essa diminuição na precipitação que acarretara os períodos de estiagem já vem ocorrendo. É interessante destacar que chova em maior proporção, o aumento na temperatura faz com que a retenção de água diminua em regiões mais áridas (Trenberth, 2011). O aumento da precipitação é uma mudança comum em regiões temperadas (Dore, 2005), mas em regiões mais áridas é esperado o contrário. É crucial destacar que essa transformação climática representa um indício claro de um processo de aquecimento que pode desencadear implicações profundas na ecologia e biodiversidade deste ecossistema único.

Por mais que as condições climáticas únicas da Caatinga proporcionem adaptações singulares à sua biodiversidade, que com a história evolutiva desenvolveram fisiologias e comportamentos específicos para suportar esse clima (Vieira et al., 2009), o bioma apresenta mudanças significativas no clima nos últimos anos, o que pode se tornar um catalisador de perda de biodiversidade nos próximos anos. De acordo com Teixeira (2021), o bioma da Caatinga possui apenas 8% de sua área com grau de proteção integral, o que demonstra que a biodiversidade local está exposta não só às ameaças diretas do aquecimento global, como também aos maiores catalisadores de seus problemas, que são a antropização e a perda de áreas nativas (Brooks et al., 2008). Esses cenários poderão transformar a estrutura da região, acarretando problemas graves nos padrões espaciais de riqueza de espécies (Salazar et al., 2007; de Oliveira & Diniz-Filho., 2010).

6.2. MUDANÇAS MORFOLÓGICAS

De acordo com a regra de Allen, apêndices corporais como asas, bico, tarsos e cauda fornecem uma maior área de superfície para dissipar calor corporal em espécies endotérmicas (Allen, 1877). Em nosso estudo, encontramos variação temporal na cauda e no tarso de *Cyanoloxia brissonii* e no bico de *Myrmorchilus strigilatus*, relacionadas com variáveis climáticas diferentes. Neste sentido, os animais podem estar aumentando o tamanho dos seus apêndices a fim de se adaptarem ao aumento da temperatura na Caatinga. Por outro lado, modificações no tamanho da cauda relacionadas a mudanças na temperatura são geralmente atribuídas a mamíferos, que possuem a cauda altamente vascularizada para troca de calor (Weaver et al., 1969; Serrat et al., 2008). Em aves, assim como em *C. brissonii*, mudanças no comprimento da cauda possivelmente estejam relacionada a mudanças seletivas associadas com a capacidade de dispersão. Aves com caudas mais longas tem um potencial de voo cerca de 30% maior, mesmo que esta característica diminua a velocidade de voo (Norberg, 1995). Portanto, a interação entre mudanças climáticas e fragmentação, pode resultar na necessidade de ter uma maior capacidade de deslocamento (Bowling et al., 2008).

Apesar de encontrarmos diferenças morfométricas significativas para duas espécies, as outras duas espécies não parecem estar respondendo aos câmbios climáticos que já aconteceram na área de estudo através de mudanças adaptativas na morfometria. Estes resultados contrastam com estudos recentes que registram um aumento geral em apêndices corporais das aves (Weeks et al., 2020) relacionados com as mudanças

climáticas. Redução ou aumento no comprimento das asas, por exemplo, pode refletir tanto na capacidade de dispersão das espécies, influenciando a eficiência nas atividades migratória e de deslocamento, como na troca de calor com o ambiente (Förschler et al., 2011; Weeks et al., 2023). Burskirk et al (2010) relatou que 60 de 83 espécies migratórias amostradas em seu trabalho apresentaram declínio na massa corporal e aumento significativo na área das asas, possivelmente relacionado com aumentos da temperatura média regional durante os verões, o que poderia induzir plasticidade na reprodução e migração.

Por outro lado, nossos resultados apontam três variáveis (tarso e cauda em *C. brissonii*; bico em *M. strigilatus*) que sim teriam sofrido mudanças significativas no tamanho, associadas com o aumento na temperatura máxima e diminuição da precipitação observadas nas últimas décadas. O aumento do tarso chama a atenção dentre os resultados. Isso porque há evidências empíricas que apontam os tarsos das aves como um apêndice que melhora a eficiência na perda de calor em ambientes tropicais (Campbell-Tennant et al., 2015). Onley & Gardner (2020) encontraram diferenças significativas nos tarsos relacionados com o aumento da temperatura, mas não houve a detecção de um padrão entre as espécies estudadas e os resultados foram diferentes entre as espécies, assim como neste estudo. O crescimento dos tarsos aumentaria a superfície de troca de calor para o ambiente, fazendo com que as aves em climas mais quentes mantivessem a temperatura ideal gastando menos energia. Porém, outros estudos (Blem et al., 1974; Cardilini et al., 2016) não encontraram relação entre tarso e temperatura, contrariando a regra de Allen para mudanças na estrutura no clima. A explicação para essa discordância nos achados seria que as mudanças climáticas ainda não foram suficientes para uma resposta global nas espécies de aves (Onley & Gardner, 2020).

O bico das aves é um exemplo clássico de adaptação à ecologia alimentar, já que sua morfologia geralmente é relacionada com o tipo de recurso que as aves utilizam na alimentação. Um exemplo disso são os clássicos trabalhos, iniciados por Darwin, com os tentilhões de Galápagos (Grant et al., 1976; Podos et al., 2004). Porém, este apêndice possui mais funções do que as de alimentação (Bright et al., 2016), sendo uma delas a de termorregulação, funcionando como um dos principais componentes da homeostase (Friedman et al., 2017). Os bicos são comparados com radiadores naturais, pois são intensamente vascularizados para a troca de calor sem a perda de água (Tattersall et al., 2009). Aumentos no tamanho do bico vem sendo registrados em estudos que relacionam o análogo temporal da regra de Allen com as mudanças climáticas (Cartar & Morrison, 2005; Nudds e Oswald, 2007), como uma maneira de perder mais ou menos calor, dependendo da variação de temperatura que estão relacionados. Campbell & Tennant (2015), indicaram em seus estudos que áreas com menores taxas de precipitação favorecem bicos maiores, por estes fornecerem uma forma de troca de calor que evita a perda de água. Corroborado pelos estudos anteriores, em nosso estudo, a mudança no bico de *M. strigilatus* foi significativamente relacionado com a diminuição da precipitação na Caatinga nos últimos anos e não com o aumento da temperatura.

Por outro lado, não podemos descartar que estes resultados tenham sido influenciados por um baixo número de amostras na série temporal, e/ou por uma possível variação espacial não descrita, associada com diferenças climáticas e de disponibilidade de recursos (Pavlovic et al., 2019). Trabalhos anteriores relacionando mudanças morfométricas e mudanças climáticas, como aqueles de Weeks et al. (2020) e Jirinec et al. (2021) amostraram grande quantidade de indivíduos da mesma localidade em longos períodos de tempo.

6.3. NICHOS ISOTÓPICOS

Analisando as medidas de nicho, podemos inferir algumas particularidades de cada organismo estudado. Pela ampla variação tanto no eixo de $\delta^{13}\text{C}$ quanto no $\delta^{15}\text{N}$, nossos dados sugerem que *C. pileatus* é a espécie mais plástica dentre as estudadas. Tido pela literatura como um animal granívoro, pela anatomia de seu crânio e bico (da Costa Lima et al., 2019), a espécie apresentou um intervalo de $\delta^{15}\text{N}$ coerente com espécies onívoras, o que vai de encontro com os dados existentes. Este dado é apoiado por registros de observadores que sugerem *C. pileatus* como uma espécie granívora-insetívora e que complementa sua alimentação com frutas em alguns períodos do ano (WA2976895, WikiAves, 2017). Sobre $\delta^{13}\text{C}$, a amplitude dos valores (que variam de -13‰ a -26,9‰) indicam que a espécie é a que utiliza mais ambientes para forrageio, incluindo áreas florestais na Caatinga e ambientes antropizados, o que sugere uma maior plasticidade frente a obtenção de recursos. As outras três espécies estudadas possuem uma menor amplitude nesses valores. *M. strigilatus* foi a espécie que menos variou neste eixo, apresentando valores coerentes com o uso exclusivo de ambientes florestais na Caatinga (-23,7‰ a -26,1‰).

De acordo com as análises de sobreposição de nicho fundamental nas espécies granívoras encontramos que o nicho de *C. pileatus* (amplitude de nicho de 54,4‰) engloba grande parte do nicho de *C. brissonii* (18,8‰). Em um cenário de competição, a espécie com maior amplitude na utilização de ambientes e recursos levaria vantagem por ter maior plasticidade (Pastore et al., 2021). Neste sentido, a competição por recursos entre essas duas espécies pode trazer problemas para as populações de *C. brissonii*, que além do mais é uma espécie almejada pelo tráfico (De Alexandria et al., 2010).

A variação de $\delta^{15}\text{N}$ em *C. brissonii* apresentou uma média de coerente com alimentação granívora (8,1‰), mas apresenta uma amplitude maior do que a esperada, como encontrado para espécies granívoras (Navarro et al., 2023). Este valor de $\delta^{15}\text{N}$ relativamente alto sugere que a espécie esteja complementando sua dieta utilizando presas de níveis tróficos superiores (e.g. artrópodes). Uma alternativa poderia ser que as plantas da Caatinga possuam uma maior amplitude de $\delta^{15}\text{N}$ em seus tecidos, mas ainda não há estudos de variações isotópicas para a Caatinga. Por ser uma região ainda pouco estudada pela ecologia isotópica, esses dados não estão disponíveis para a Caatinga, o que mostra a importância de estudos mais aprofundados no bioma.

Em análise feita com o corte temporal de 1990, encontramos resultados referentes a mudanças na amplitude de nicho. Os granívoros apresentaram um aumento de 20% na largura de nicho entre os grupos históricos e modernos, variando principalmente na área de forrageio, o que pode indicar dependência persistente das mesmas fontes de recursos alimentares por parte da guilda (Navarro et al., 2020). Insetívoros tiveram um aumento de 38% na largura de nicho, apresentando diferença principalmente em $\delta^{15}\text{N}$, o que sugere uma possível expansão na amplitude de recursos de diferentes níveis tróficos utilizados pelas espécies ao longo do tempo, ainda que a baixa variação temporal na amplitude de $\delta^{13}\text{C}$ indique uma dependência do mesmo tipo de habitat para forrageio de recursos.

Embora seja esperado que cada espécie responda de maneira diferente às alterações ambientais, visto que cada espécie depende de um conjunto específico de variáveis ecológicas para garantir sua aptidão (Newbold et al. 2013), nós encontramos resultados conflitantes na mesma guilda. Por exemplo, as duas espécies granívoras apresentaram resultados opostos; *C. pileatus* apresentou redução e *C. brissonii* aumento na largura de nicho. O estreitamento ou aumento na largura do nicho observado ao longo do tempo

pode ser explicada por um processo de diversificação de recursos alimentares consumidos e/ou uso de novos ambientes para forrageio, o que pode ser uma resposta às mudanças antrópicas no uso do solo ou no clima (Martin et al., 1987). Tais perturbações poderiam obrigar as espécies a ampliar ou reduzir seus nichos, devido à menor disponibilidade de alimento ou baixa plasticidade trófica frente às mudanças ambientais, como longos períodos de seca.

A sobreposição de nicho observada nas amostras históricas (pré-1990) de *C. brissonii* (uma espécie granívora) e de *H. margaritaceiventer* (uma espécie insetívora), pode representar evidencia de uso similar dos ambientes e forrageio dos mesmos tipos de recursos alimentares (Navarro et al. 2023). Esta alta sobreposição entre duas espécies que teoricamente apresentam dietas diferentes podem ser o resultado da falta de conhecimento da dieta e dos recursos utilizados por *C. brissonii* em seu nicho fundamental. A única informação sobre sua dieta é que a espécie foi vista se alimentando de flores de uma leguminosa *Zornia dipylla* na Caatinga (Olmos & Albano, 2012), e é apontada como uma espécie que forrageia no solo e de difícil observação (Brewer, 2020). Espécies com alta sobreposição de nicho podem depender dos mesmos recursos alimentares, o que poderia eventualmente gerar competição e uma potencial diminuição destes recursos (Flaherty et al., 2010). Por outro lado, uma alta sobreposição de nichos pode não resultar em competição interespecífica, se houver abundância suficiente de recursos para suprir as necessidades das espécies analisadas ou ainda se houver partição de nicho sobre outros eixos não mensurados através da análise isotópica (e.g., horário e estrato de forrageio) (Finke et al., 2008). Já o padrão de baixas sobreposições encontradas em grupos de mesma guilda trófica sugere que essas aves desenvolveram estratégias para coexistir ao evitar a competição direta por recursos semelhantes.

A mudança apresentada nos nichos das espécies, com três delas apresentando aumento ao longo das décadas, pode estar relacionada às mudanças sofridas na Caatinga a partir da década de 90. Por ser um ambiente sensível a mudanças, a perda de 40% de cobertura vegetal e o aumento de matrizes agrícolas (MapBiomias, 2020) pode causar grandes danos à biodiversidade. Esses dados destacam-se como catalisadores do declínio da biodiversidade, afetando não apenas as populações de vertebrados, mas também gerando impactos significativos nas comunidades de plantas e invertebrados, que são os principais recursos alimentares das espécies analisadas (Haddad et al., 2015, Püttker et al., 2020). Por mais que os valores isotópicos não representem o nicho ecológico por completo em todas as suas n-dimensões, eles são bons indicadores de área de forrageio e amplitude da dieta de uma espécie, o que sugere que mudanças no nicho isotópico de uma espécie pode indicar possíveis alterações no habitat e na disponibilidade de recursos para no período analisado.

Ao longo de cinco décadas na Caatinga, as aves experimentaram temperaturas gradualmente mais quentes ao longo de seu ciclo anual. Diante disso, as respostas biológicas dos endotérmicos são geralmente limitadas às mudanças de distribuição e fenologia, com uma terceira resposta, a modificação morfológica, sendo estudada atualmente como resposta às rápidas alterações (Durant et al., 2007; Daufresne et al., 2009). Nossos resultados demonstram respostas limitadas de variação fenotípica nas espécies estudadas, apontando para a necessidade de esforços para entender de que forma, as mudanças climáticas afetam o grupo mais especioso de vertebrados no maior bloco de floresta tropical sazonalmente seca da região Neotropical. Além disso, as mudanças registradas no nicho das espécies em estudo, traduzidas na capacidade adaptativa das espécies frente às mudanças ambientais, podem auxiliar na compreensão dos efeitos dos

impactos antropogênicos sobre as espécies e nas suas interações com recursos disponíveis.

7. CONCLUSÃO

Na Caatinga, onde mudanças climáticas vêm ocorrendo gradualmente, os resultados deste estudo indicam que as espécies de aves estudadas estão respondendo de maneiras distintas às pressões ambientais e antrópicas ao longo das décadas. As alterações observadas estão intimamente ligadas à amplitude de nicho e às respostas estruturais das espécies.

Em relação ao nicho isotópico, a largura do nicho isotópico demonstra variações significativas nos tempos atuais, revelando estreitamento ou ampliação, resposta que variou entre as espécies. Este resultado sugere adaptações no uso de habitat e na dieta ao longo do tempo. Essa dinâmica reflete não apenas as mudanças ambientais, mas também as respostas comportamentais das aves frente a transformações no ecossistema. No entanto, ao analisar os dados morfométricos, observa-se que os caracteres morfológicos apresentaram poucas mudanças significativas em resposta às alterações climáticas. Isso ressalta a necessidade de estudos mais aprofundados para compreender a plasticidade biológica das aves e como elas podem se adaptar às transformações em seus ambientes. A integração dessas duas abordagens, morfométrica e isotópica, fornece uma perspectiva abrangente para avaliar as complexas interações entre as aves e seu ambiente em face das mudanças climáticas na Caatinga. Esses resultados destacam a importância de considerar múltiplos aspectos da biologia das aves para uma compreensão mais completa das dinâmicas ecossistêmicas em resposta às mudanças ambientais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J.A. The influence of physical conditions in the genesis of species. *Radical review*, v. 1, p. 108-140, 1877.

BEALE, C.M.; LENNON, J.J.; GIMONA, A. Opening the climate envelope reveals no macroscale associations with climate in European birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 39, p. 14908-14912, 2008.

BERGMANN, C. *Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse*. *Göttinger studien*, v. 3, p. 595-708, 1847.

BERNSTEIN, Lenny et al. IPCC, 2007: climate change 2007: synthesis report. 2008.

BLEM, C.R. Geographic variation of thermal conductance in the house sparrow *Passer domesticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, v. 47, n. 1, p. 101-108, 1974.

BOECKLEN, W.J. et al. On the use of stable isotopes in trophic ecology. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, v. 42, p. 411-440, 2011.

BREWER, D. Ultramarine Grosbeak (*Cyanoloxia brissonii*), version 1.0. *Birds of the World*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca. <https://doi.org/10.2173/bow.ultgro1>, v. 1, 2020.

BRIGHT, Jen A. et al. The shapes of bird beaks are highly controlled by nondietary factors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 19, p. 5352-5357, 2016.

BROOK, B. W.; SODHI, N. S.; BRADSHAW, C. J. A. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 23, n. 8, p. 453–460, 2008.

BROWN, J.L.; SHOU-HSIEN, L.; BHAGABATI, N.. Long-term trend toward earlier breeding in an American bird: A response to global warming? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 96, n. 10, p. 5565-5569, 1999.

CARDILINI, A.P.A. et al. Tests of ecogeographical relationships in a non-native species: what rules avian morphology? *Oecologia*, v. 181, p. 783-793, 2016.

CARTAR, R.V.; GUY MORRISON, R. I. Metabolic correlates of leg length in breeding arctic shorebirds: the cost of getting high. *Journal of Biogeography*, v. 32, n. 3, p. 377-382, 2005.

CASTELLETTI C.H.M.; SILVA J.M.C.; TABARELLI M.; SANTOS A.M.M. (2004) Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Silva JMC, Tabarelli M, Lins L (eds) *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, pp 92–100

CHASE, J.M.; LEIBOLD, M.A. *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. University of Chicago Press, 2009.

DA COSTA LIMA, M. Anatomia e morfometria cranianas de *Coryphospingus pileatus* (Wied, 1821)(Passeriformes: Thraupidae). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais, v. 14, n. 2, p. 245-253, 2019.

DA SILVA VIEIRA, W. L.; SANTANA, GINDOMAR G.; ARZABE, C. Diversity of reproductive modes in anurans communities in the Caatinga (dryland) of northeastern Brazil. Biodiversity and Conservation, v. 18, p. 55-66, 2009.

DAUFRESNE, M.; LENGFELLNER, K.; SOMMER, U. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 106, n. 31, p. 12788-12793, 2009.

DE ALEXANDRIA PAGANO, I.S. et al. Aves depositadas no Centro de Triagem de Animais Silvestres do IBAMA na Paraíba: uma amostra do tráfico de aves silvestres no estado. Ornithologia, v. 3, n. 2, p. 132-144, 2010.

DE OLIVEIRA, G. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. Biodiversity and Conservation, v. 21, p. 2913-2926, 2012.

DE OLIVEIRA, G.; DINIZ-FILHO, J.A.F. Spatial patterns of terrestrial vertebrates richness in Brazilian semiarid, Northeastern Brazil: Selecting hypotheses and revealing constraints. Journal of Arid Environments, v. 74, n. 11, p. 1418-1426, 2010.

DORE, M.H.I. Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know? Environment international, v. 31, n. 8, p. 1167-1181, 2005.

CÂMARA, Gil Miguel de Sousa. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. Visão Agrícola, v. 3, n. 5, p. 63-66, 2006.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. YOU ARE WHAT YOU EAT (PLUS A FEW): THE CARBON ISOTOPE CYCLE IN FOOD CHAINS. 1976.

DENIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. Geochimica et cosmochimica acta, v. 42, n. 5, p. 495-506, 1978.

DURANT, J.M. et al. Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. Climate research, v. 33, n. 3, p. 271-283, 2007.

ECKRICH, C.A. et al. rKIN: Kernel-based method for estimating isotopic niche size and overlap. Journal of Animal Ecology, v. 89, n. 3, p. 757-771, 2020.

EGLINGTON, S.M.; PEARCE-HIGGINS, J.W. Disentangling the relative importance of changes in climate and land-use intensity in driving recent bird population trends. PloS one, v. 7, n. 3, p. e30407, 2012.

EHLERINGER, J.R.; RUNDEL, P.W. Stable isotopes: history, units, and instrumentation. In: Stable isotopes in ecological research. New York, NY: Springer New York, 1989. p. 1-15.

ELITH, J. et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography, v. 29, n. 2, p. 129-151, 2006.

ELTON, C.S. Animal ecology. University of Chicago Press, 2001.

- ESQUIVEL-MUELBERT, A. et al. Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global change biology*, v. 25, n. 1, p. 39-56, 2019.
- FAN, L. et al. Bergmann's rule and Allen's rule in two passerine birds in China. *Avian Research*, v. 10, p. 1-11, 2019.
- FAUSET, S. et al. Drought-induced shifts in the floristic and functional composition of tropical forests in Ghana. *Ecology letters*, v. 15, n. 10, p. 1120-1129, 2012.
- FERGER, S.W. et al. Distinct carbon sources indicate strong differentiation between tropical forest and farmland bird communities. *Oecologia*, v. 171, p. 473-486, 2013.
- FICK, S.E.; HIJMANS, R.J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.
- FINKE, D.L.; SNYDER, W.E. Niche partitioning increases resource exploitation by diverse communities. *Science*, v. 321, n. 5895, p. 1488-1490, 2008.
- FLAHERTY, E.A.; BEN-DAVID, M. Overlap and partitioning of the ecological and isotopic niches. *Oikos*, v. 119, n. 9, p. 1409-1416, 2010.
- FÖRSCHLER, M.I.; BAIRLEIN, F. Morphological shifts of the external flight apparatus across the range of a passerine (Northern Wheatear) with diverging migratory behaviour. *PLoS One*, v. 6, n. 4, p. e18732, 2011.
- FRANCEY, R.J. et al. A 1000-year high precision record of $\delta^{13}\text{C}$ in atmospheric CO_2 . *Tellus B*, v. 51, n. 2, p. 170-193, 1999.
- FRIEDMAN, N.R. et al. Smaller beaks for colder winters: Thermoregulation drives beak size evolution in Australasian songbirds. *Evolution*, v. 71, n. 8, p. 2120-2129, 2017.
- FRY, B.; FRY, B. Isotope notation and measurement. *Stable isotope ecology*, p. 21-39, 2006.
- GARDNER, J.L. et al. Declining body size: a third universal response to warming?. *Trends in ecology & evolution*, v. 26, n. 6, p. 285-291, 2011.
- GIORGI, F. Climate change prediction. *Climatic Change*, v. 73, p. 239-265, 2005.
- GOODMAN, R.E. et al. Avian body size changes and climate change: warming or increasing variability? *Global Change Biology*, v. 18, n. 1, p. 63-73, 2012.
- GORDO, O.; SANZ, J.J. Climate change and bird phenology: a long-term study in the Iberian Peninsula. *Global Change Biology*, v. 12, n. 10, p. 1993-2004, 2006.
- GRANT, P.R. et al. Darwin's finches: population variation and natural selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 73, n. 1, p. 257-261, 1976.
- HADDAD, Nick M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

- HEBERT, C.E.; WASSENAAR, L.I. Stable nitrogen isotopes in waterfowl feathers reflect agricultural land use in western Canada. *Environmental science & technology*, v. 35, n. 17, p. 3482-3487, 2001.
- HICKLING, R. et al. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global change biology*, v. 12, n. 3, p. 450-455, 2006.
- HIJMANS R (2023). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.6-14, <<https://CRAN.R-project.org/package=raster>>.
- HJORT, J. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapp p-v Réun Cons Int Exp Mer* 20:1–228, 1914.
- HOBSON, K.A. Stable isotopes and a changing world. *Oecologia*, p. 1-18, 2023.
- HUBBELL, S.P. et al. Local neighborhood effects on long-term survival of individual trees in a neotropical forest. *Ecological Research*, v. 16, p. 859-875, 2001.
- HUBBELL, S.P. Neutral theory and the evolution of ecological equivalence. *Ecology*, v. 87, n. 6, p. 1387-1398, 2006.
- HUGHES, L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?. *Trends in ecology & evolution*, v. 15, n. 2, p. 56-61, 2000.
- HUTCHINSON, G.E. Population studies: Animal ecology and demography. *Bulletin of Mathematical Biology*, v. 53, p. 193-213, 1991.
- INOUE, D.W. et al. Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 97, n. 4, p. 1630-1633, 2000.
- IUCN. 2012 The IUCN red list of threatened species. Version 2012.1
- JAMES, F.C. Geographic size variation in birds and its relationship to climate. *Ecology*, v. 51, n. 3, p. 365-390, 1970.
- JIRINEC, V. et al. Morphological consequences of climate change for resident birds in intact Amazonian rainforest. *Science Advances*, v. 7, n. 46, 2021.
- KELLY, J.F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Canadian journal of zoology*, v. 78, n. 1, p. 1-27, 2000.
- LAYMAN, C.A. et al. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure?. *Ecology*, v. 88, n. 1, p. 42-48, 2007.
- LIMA, S.S. et al. Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, n. 5, p. 2500-2524, 2022.
- LOREAU, M. Does functional redundancy exist?. *Oikos*, v. 104, n. 3, p. 606-611, 2004.
- MAMEDE, M. de A.; DE ARAÚJO, F. S. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 72, n. 4, p. 458-470, 2008.

- MARCEL, E.V. et al. Variable responses to large-scale climate change in European *Parus* populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 270, n. 1513, p. 367-372, 2003.
- MARENGO, J.A.; VALVERDE, M.C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista Multiciência*, v. 8, n. 1, p. 5-28, 2007.
- MATTHEWS, B.; MAZUMDER, A. A critical evaluation of intrapopulation variation of $\delta^{13}\text{C}$ and isotopic evidence of individual specialization. *Oecologia*, v. 140, p. 361-371, 2004.
- MCCLEAN, C.J. et al. African plant diversity and climate change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, p. 139-152, 2005.
- MCINERNY, G.J.; ETIENNE, R.S. Ditch the niche—is the niche a useful concept in ecology or species distribution modelling? *Journal of Biogeography*, v. 39, n. 12, p. 2096-2102, 2012.
- MCKECHNIE, A.E.; DUNN, P.O. Physiological and morphological effects of climate change. In: *Effects of climate change on birds*. Oxford: Oxford University Press, 2019.
- MEIRI, S.; DAYAN, T. On the validity of Bergmann's rule. *Journal of biogeography*, v. 30, n. 3, p. 331-351, 2003.
- MURPHY, P.G.; LUGO, A.E. Ecology of tropical dry forest. *Annual review of ecology and systematics*, v. 17, n. 1, p. 67-88, 1986.
- NAVARRO, A.B. et al. Human-modified landscapes narrow the isotopic niche of neotropical birds. *Oecologia*, v. 196, p. 171-184, 2021.
- NAVARRO, A.B. et al. Intraguild niche partitioning in granivorous birds from the late past. *Avian Research*, v. 14, p. 100075, 2023.
- NAVARRO, A.B. et al. Isotopic niches of tropical birds reduced by centenary anthropogenic impacts. Available at SSRN 3569544, 2020.
- NEWBOLD, T. et al. Future effects of climate and land-use change on terrestrial vertebrate community diversity under different scenarios. *Proceedings of the Royal Society*, v. 285, n. 1881, 2018.
- NEWSOME, S.D. et al. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 5, n. 8, p. 429-436, 2007.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. IBGE, 1989.
- NOBRE, C. A.; SELLERS, P.; SHUKLA, J. Regional climate change and Amazonian deforestation model. *Journal of Climate*, v. 4, n. 10, p. 957-988, 1991.
- NORBERG, U. M. How a long tail and changes in mass and wing shape affect the cost for flight in animals. *Functional Ecology*, p. 48-54, 1995.
- NUDDS, R. L.; OSWALD, S. A. An interspecific test of Allen's rule: evolutionary implications for endothermic species. *Evolution*, v. 61, n. 12, p. 2839-2848, 2007.

O'LEARY, M.H. Carbon isotope fractionation in plants. *Phytochemistry*, v. 20, n. 4, p. 553-567, 1981.

OLMOS, F.; ALBANO, C. As aves da região do Parque Nacional Serra da Capivara (Piauí, Brasil). *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 20, n. 3, p. 173-187, 2012.

PAREDES-TREJO, F. et al. Drought assessment in the São Francisco River Basin using satellite-based and ground-based indices. *Remote Sensing*, v. 13, n. 19, p. 3921, 2021.

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *nature*, v. 421, n. 6918, p. 37-42, 2003.

PASTORE, A.I. et al. The evolution of niche overlap and competitive differences. *Nature Ecology & Evolution*, v. 5, n. 3, p. 330-337, 2021.

PEARCE-HIGGINS, J.W. et al. Impacts of climate on prey abundance account for fluctuations in a population of a northern wader at the southern edge of its range. *Global Change Biology*, v. 16, n. 1, p. 12-23, 2010.

PEARCE, Warren et al. Climate change on Twitter: Topics, communities and conversations about the 2013 IPCC Working Group 1 report. *PloS one*, v. 9, n. 4, p. e94785, 2014.

PENNINGTON, R.T. et al. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 359, n. 1443, p. 515-538, 2004.

PERRY, A.L. et al. Climate change and distribution shifts in marine fishes. *science*, v. 308, n. 5730, p. 1912-1915, 2005.

PETERSON, B.J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual review of ecology and systematics*, v. 18, n. 1, p. 293-320, 1987.

PODOS, Jeffrey; NOWICKI, Stephen. Beaks, adaptation, and vocal evolution in Darwin's finches. *Bioscience*, v. 54, n. 6, p. 501-510, 2004.

PODOS, Jeffrey; NOWICKI, Stephen. Beaks, adaptation, and vocal evolution in Darwin's finches. *Bioscience*, v. 54, n. 6, p. 501-510, 2004.

POST, D.M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, v. 83, n. 3, p. 703-718, 2002.

POST, D.M. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, v. 83, n. 3, p. 703-718, 2002.

PÜTTKER, T. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. *Biological Conservation*, v. 241, p. 108368, 2020.

RICKLEFS, R.E. A economia da natureza, p. 470-470, 1996.

RODRIGUES, C.M. Evaporação e evapotranspiração-Capítulo 8. 2017.

RUSTICUCCI, M. et al. An intercomparison of model-simulated in extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century. Part 1: mean values and variability. *Climatic Change*, v. 98, n. 3-4, p. 493-508, 2010.

SAIKKONEN, K. et al. Climate change-driven species' range shifts filtered by photoperiodism. *Nature Climate Change*, v. 2, n. 4, p. 239-242, 2012.

SALAZAR, L.F.; NOBRE, C.A.; OYAMA, M.D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, v. 34, n. 9, 2007.

SALEWSKI, V.; WATT, C. Bergmann's rule: a biophysiological rule examined in birds. *Oikos*, v. 126, n. 2, 2017.

SHELDON, K.S. et al. Fifty years of mountain passes: A perspective on Dan Janzen's classic article. *The American Naturalist*, v. 191, n. 5, p. 553-565, 2018.

SHOCHAT, E. et al. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in ecology & evolution*, v. 21, n. 4, p. 186-191, 2006.

SINERVO, B. et al. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*, v. 328, n. 5980, p. 894-899, 2010.

STERN, David I.; KAUFMANN, R.K. Anthropogenic and natural causes of climate change. *Climatic change*, v. 122, p. 257-269, 2014.

TATTERSALL, Glenn J.; ANDRADE, Denis V.; ABE, Augusto S. Heat exchange from the toucan bill reveals a controllable vascular thermal radiator. *science*, v. 325, n. 5939, p. 468-470, 2009.

TEIXEIRA, L.P. et al. How much of the Caatinga is legally protected? An analysis of temporal and geographical coverage of protected areas in the Brazilian semiarid region. *Acta Botanica Brasilica*, v. 35, p. 473-485, 2021.

TEPLITSKY, C. et al. Bergmann's rule and climate change revisited: Disentangling environmental and genetic responses in a wild bird population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 36, p. 13492-13496, 2008.

THOMAS, C.D. Climate, climate change and range boundaries. *Diversity and Distributions*, v. 16, n. 3, p. 488-495, 2010.

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

THOMAS, C.D.; LENNON, J.J. Birds extend their ranges northwards. *Nature*, v. 399, n. 6733, p. 213-213, 1999.

TORRES, R.R.; LAPOLA, D.M.; GAMARRA, N.L.R. Future climate change in the Caatinga. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*, p. 383-410, 2017.

TRENBERTH, K.E. Changes in precipitation with climate change. *Climate research*, v. 47, n. 1-2, p. 123-138, 2011.

VAN BUSKIRK, J.; MULVIHILL, R.S.; LEBERMAN, R.C. Declining body sizes in North American birds associated with climate change. *Oikos*, v. 119, n. 6, p. 1047-1055, 2010.

VANDER ZANDEN, M.J.; CASSELMAN, J.M.; RASMUSSEN, J.B. Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasions in lakes. *Nature*, v. 401, n. 6752, p. 464-467, 1999.

VANDERMEER, J.H. Niche theory. *Annual review of Ecology and Systematics*, v. 3, n. 1, p. 107-132, 1972.

WEBB, C.O. et al. Phylogenies and community ecology. *Annual review of ecology and systematics*, v. 33, n. 1, p. 475-505, 2002.

WEEKS, B.C. et al. Shared morphological consequences of global warming in North American migratory birds. *Ecology Letters*, v. 23, n. 2, p. 316-325, 2020.

WEEKS, B.C. et al. Skeletal morphology of bird wings is determined by thermoregulatory demand for heat dissipation in warmer climates. *bioRxiv*, p. 2023.02.06.527306, 2023.

WUEBBLES, D. et al. Climate science special report: Fourth national climate assessment (NCA4), Volume I. 2017.

YOM-TOV, Y. Global warming and body mass decline in Israeli passerine birds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 268, n. 1470, p. 947-952, 2001.

ZIMOVA, M. et al. Widespread shifts in bird migration phenology are decoupled from parallel shifts in morphology. *Journal of Animal Ecology*, v. 90, n. 10, p. 2348-2361, 2021.

APÊNDICE - A

Tabela com valores das medições realizadas em indivíduos da Coleção de Aves da UFPE.

Voucher (UFPE)	Táxon	Ano	Rêmiges prim dir	Rêmiges prim esq	Rêmiges sec dir	Rêmiges sec esq	Tarso esq	Tarso direito	Bico alt	Bico larg	Bico comp	Cauda	Peso (g)
3456	<i>C. pileatus</i>	2000	6.25	6.48	5.72	06.08	13.78	14.21	5.68	5.28	11.69	5.80	15
4129	<i>C. pileatus</i>	2006	6.60	6.65	06.01	5.84	14.64	14.71	6.19	4.73	11.46	5.80	15
2321	<i>C. pileatus</i>	1999	06.05	6.10	5.32	5.49	14.50	14.43	6.50	4.73	12.60	4.90	18
4752	<i>C. pileatus</i>	2004	6.30	6.45	5.74	5.67	14.76	14.94	4.79	5.93	11.69	5.20	NA
2369	<i>C. pileatus</i>	1999	6.30	6.25	5.72	5.48	14.49	14.20	6.16	4.70	12.94	5.10	11
4144	<i>C. pileatus</i>	2006	6.90	6.75	6.26	06.03	14.20	13.78	6.38	4.89	12.72	5.75	14
1226	<i>C. pileatus</i>	1998	6.70	6.84	5.91	06.06	14.24	14.75	6.23	4.90	12.75	5.55	15
3451	<i>C. pileatus</i>	2000	6.20	6.15	5.39	5.40	15.55	15.24	6.19	4.79	11.22	5.25	NA
1262	<i>C. pileatus</i>	1998	6.20	6.25	5.44	5.33	15.22	14.97	6.36	4.82	11.74	5.20	14.5
4407	<i>C. pileatus</i>	2007	6.35	6.30	5.46	5.44	16.24	16.45	6.64	5.13	11.89	5.56	15
3445	<i>C. pileatus</i>	2000	6.55	6.40	5.99	5.82	14.15	14.69	5.92	4.98	10.96	5.45	NA
4145	<i>C. pileatus</i>	2006	6.80	6.85	5.9	5.88	14.78	15.14	5.69	4.75	11.34	5.95	14
2143	<i>C. pileatus</i>	1999	06.05	6.10	5.29	5.48	15.18	15.30	5.82	5.21	12.37	6.00	16
2133	<i>C. pileatus</i>	1999	06.05	6.15	5.27	5.46	14.39	14.82	5.94	4.61	12.24	5.20	15
3454	<i>C. pileatus</i>	2000	6.30	6.50	5.57	5.81	14.52	14.29	5.95	4.83	11.04	5.55	15
3444	<i>C. pileatus</i>	2000	6.70	6.25	5.92	5.73	14.12	14.08	5.96	4.97	11.15	6.40	NA
2158	<i>C. pileatus</i>	1994	5.90	6.10	5.38	5.33	14.42	14.25	06.03	4.98	10.78	5.10	13
4409	<i>C. pileatus</i>	2007	6.20	6.38	5.43	5.75	NA	15.26	5.24	4.45	11.21	05.05	11

2368	<i>C. pileatus</i>	1999	6.75	6.75	6.0	5.31	14.82	14.69	6.39	5.17	11.56	5.70	18
2212	<i>C. pileatus</i>	1999	6.70	6.65	5.91	5.9	14.84	15.05	5.97	4.95	12.14	5.80	14
1274	<i>C. pileatus</i>	1998	6.70	6.85	6	06.09	15.84	15.54	6.29	4.68	11.49	5.50	14.5
2101	<i>C. pileatus</i>	1999	6.50	6.45	5.82	5.83	14.89	14.23	5.73	5.83	11.69	5.45	15
1333	<i>C. pileatus</i>	1998	6.40	6.35	5.72	5.77	15.86	15.74	6.28	5.10	11.60	5.65	14
5008	<i>C. pileatus</i>	2013	6.80	6.80	06.09	6.14	15.36	15.15	6.19	4+96	11.90	5.80	15
2087	<i>C. pileatus</i>	1999	6.10	6.20	5.5	5.58	14.84	15.44	5.83	5.15	12.04	5.25	NA
2216	<i>C. pileatus</i>	1999	6.50	6.60	5.76	06.02	15.10	14.94	5.98	5.53	11.35	5.25	14
1291	<i>C. pileatus</i>	1998	6.90	6.70	06.08	5.96	15.20	14.90	6.68	4.83	12.06	5.80	14
4406	<i>C. pileatus</i>	2007	6.55	6.60	5.61	5.73	15.68	15.85	6.49	5.16	11.84	5.45	15
2088	<i>C. pileatus</i>	1999	6.55	6.65	5.59	5.67	14.82	15.15	5.83	05.09	11.45	5.45	NA
4416	<i>C. pileatus</i>	2008	6.40	6.40	5.64	5.56	15.87	15.91	6.34	4.56	12.52	05.05	14
1286	<i>C. pileatus</i>	1998	6.50	6.55	5.67	5.81	15.02	14.91	5.99	4.63	11.61	5.50	14.5
1310	<i>C. pileatus</i>	1998	6.60	6.55	5.86	5.86	15.83	16.81	5.95	4.52	12.54	5.45	15.5
1241	<i>C. pileatus</i>	1998	6.30	6.25	5.86	5.46	15.99	15.39	6.16	4.90	12.07	5.15	14.5
1243	<i>C. pileatus</i>	1998	6.65	6.65	5.94	06.01	15.74	15.12	06.04	4.85	11.61	5.75	14
1269	<i>C. pileatus</i>	1998	6.70	6.75	5.94	6.13	16.10	16.12	5.52	4.73	11.85	5.50	15
3455	<i>C. pileatus</i>	2000	6.10	6.20	5.42	5.47	15.78	15.75	6.11	4.75	11.72	5.50	14
3453	<i>C. pileatus</i>	2000	6.55	6.70	5.9	06.08	15.82	15.52	5.95	4.46	11.54	5.70	17
4414	<i>C. pileatus</i>	2008	6.55	6.35	5.84	5.56	15.32	15.55	6.16	4.82	11.17	5.65	NA
2159	<i>C. pileatus</i>	1999	6.10	06.05	5.17	5,28	14.94	14.81	5.35	3.95	9.61	4.70	13

6825	<i>C. pileatus</i>	2008	6.70	6.65	6.13	06.01	15.91	NA	6.22	5.12	11.74	5.50	NA
4854	<i>C. pileatus</i>	2013	6.60	6.65	5.79	5.85	15.05	15.10	6.10	5.20	12.10	5.60	15
4999	<i>C. pileatus</i>	2013	6.90	6.95	06.09	6.38	14.62	14.82	5.72	4.96	11.29	6.10	14
4410	<i>C. pileatus</i>	2007	6.40	6.45	5.65	5.7	13.53	14.22	06.04	5.28	12.11	5.25	17
2183	<i>C. pileatus</i>	1999	6.75	6.55	5.95	5.83	15.34	15.27	6.18	5.27	12.16	5.50	14
2272	<i>C. pileatus</i>	1999	6.95	6.80	6.21	6.26	15.02	15.12	6.28	5.27	12.16	5.50	15
4405	<i>C. pileatus</i>	2007	6.50	6.75	5.75	5.94	15.42	14.90	NA	4.90	11.28	5.25	15.5
2438	<i>C. pileatus</i>	1999	6.40	6.50	5.54	5.72	15.47	14.97	6.37	4.37	11.04	05.05	14.5
2086	<i>C. pileatus</i>	1999	06.05	6.20	5.22	5.52	15.19	15.12	5.74	4.67	12.07	6.20	NA
4411	<i>C. pileatus</i>	2007	6.55	6.65	5.75	5.93	14.70	14.88	6.12	4.92	11.69	5.30	15
3443	<i>C. pileatus</i>	2000	6.50	6.80	5.75	6.14	15.48	15.42	06.09	4.53	11.65	4.70	NA
2226	<i>C. pileatus</i>	1999	5.85	6.0	5.28	5.38	15.08	14.45	5.57	4.32	11.91	5.20	14
4669	<i>C. pileatus</i>	2008	6.45	6.25	5.53	5.40	14.43	14.82	5.89	4.93	12.42	5.40	17
4133	<i>C. pileatus</i>	2006	6.80	6.80	6.10	6.12	14.82	14.76	5.59	4.57	11.60	5.80	13
481	<i>C. pileatus</i>	1975	6.15	6.35	5.44	5.58	14.82	14.48	5.95	4.64	12.78	05.05	15.5
2829	<i>C. pileatus</i>	1972	6.60	6.65	5.79	5.89	14.68	14.40	6.19	4.13	12.45	5.50	NA
5397	<i>C. pileatus</i>	2014	6.70	6.75	5.92	06.09	15.32	15.90	06.07	4.69	12.27	5.75	14
1220	<i>C. pileatus</i>	1998	6.50	6.40	5.59	5.46	14.30	14.09	5.45	4.52	11.09	5.55	12
2227	<i>C. pileatus</i>	1999	6.75	6.85	06.03	6.19	15.96	16.23	6.36	4.90	12.28	5.35	15
6822	<i>C. pileatus</i>	2008	6.45	6.50	5.78	5.69	15.35	15.05	5.92	5.14	11.74	5.55	NA
4417	<i>C. pileatus</i>	2008	6.70	6.50	5.78	5.62	15.29	15.67	5.62	4.67	11.77	5.70	14

6823	<i>C. pileatus</i>	2008	6.50	6.75	5.83	6,14	14.17	14.32	5.82	4.14	11.15	5.60	NA
6824	<i>C. pileatus</i>	2008	6.65	6.85	5.74	5.68	14.42	14.57	5.57	4.47	11.13	5.70	NA
6826	<i>C. pileatus</i>	2008	6.55	6.65	5.83	5.93	14.23	14.57	NA	4.62	11.63	5.40	NA
6821	<i>C. pileatus</i>	2008	6.30	6.45	5,39	5.62	14.56	14.48	5.93	4.88	11.74	4.70	NA
6820	<i>C. pileatus</i>	2008	6.25	6.20	5.53	5.39	14.20	14.47	5.52	4.51	10.42	5.30	NA
2068	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.55	6.45	5.99	5.93	28.88	28.46	4.13	3.50	14.41	5.90	NA
2322	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.65	6.35	6.19	5.98	28.45	28.43	4.21	3.36	15.88	6.10	19
3998	<i>M. strigilatus</i>	2004	6.30	6.30	5.78	5.82	26.15	25.97	04.03	3.63	15.29	6.70	17
2067	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.60	6.50	6.24	06.02	28.75	28.10	4.28	3.67	16.26	06.05	NA
4913	<i>M. strigilatus</i>	2013	6.50	6.55	06.05	6.23	28.50	28.71	4.13	3.62	15.74	5.70	20
6053	<i>M. strigilatus</i>	2017	6.75	7.00	6.19	6.74	28.10	27.92	4.87	3.81	16.67	6.30	22
6420	<i>M. strigilatus</i>	2021	6.70	6.80	6.18	6.22	27.85	27.35	4.12	3.39	16.87	5.90	20.8
4516	<i>M. strigilatus</i>	2008	6.40	6.50	06.08	6.12	28.39	28.76	3.75	3.59	15.89	5.55	NA
5414	<i>M. strigilatus</i>	2007	6.40	6.45	5.94	5.93	28.53	28.41	3.75	3.45	16.97	5.90	20
5435	<i>M. strigilatus</i>	2014	6.75	6.70	6.22	06.01	27.82	27.61	4.00	3.24	15.72	5.80	21
1248	<i>M. strigilatus</i>	1998	6.50	6.45	5.92	5.78	28.34	28.59	3.84	3.78	17.21	5.60	21
4515	<i>M. strigilatus</i>	2007	6.50	6.55	6.16	6.14	27.80	28.20	4.10	3.79	16.50	5.90	20.5
6421	<i>M. strigilatus</i>	2021	6.75	6.80	6.29	6.32	27.10	26.42	04.04	3.53	15.83	5.70	19.5
1264	<i>M. strigilatus</i>	1998	6.40	6.35	06.09	5.88	27.60	27.51	3.98	4.13	15.59	5.50	19
919	<i>M. strigilatus</i>	1980	6.30	6.25	5.77	5.79	29.07	28.77	4.14	3.88	17.02	5.35	22
6413	<i>M. strigilatus</i>	2021	6.85	6.70	6.39	6.45	28.68	28.57	3.96	4.17	16.35	5.95	20.5

6047	<i>M. strigilatus</i>	2017	6.35	6.50	5.93	5.93	28.10	27.36	4.49	3.38	16.74	5.90	21.5
2323	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.65	6.40	06.08	5.88	27.03	27.32	4.19	3.58	15.88	5.50	20
3521	<i>M. strigilatus</i>	1984	6.70	6.65	6.25	6.12	27.68	27.52	4.31	3.33	15.57	NA	NA
2269	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.80	6.90	6.18	6.25	27.63	27.89	3.97	3.36	16.59	6.10	20
4518	<i>M. strigilatus</i>	2008	6.20	6.35	5.78	5.91	26.68	26.78	4.44	04.04	16.38	6.95	20
6832	<i>M. strigilatus</i>	2008	6.55	6.55	6.25	6.17	27.11	27.88	04.06	3.77	17.63	5.75	NA
2125	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.75	6.45	6.47	6.10	28.41	28.01	3.82	04.07	15.25	6.75	21
2249	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.40	6.45	06.05	06.05	26.72	26.42	3.47	3.68	15.50	6.10	21
3999	<i>M. strigilatus</i>	2004	6.45	6.40	06.02	5.97	26.44	26.71	3.63	3.94	15.82	6.10	21
4517	<i>M. strigilatus</i>	2008	6.50	6.45	6.11	5.97	26.70	28.10	4.43	3.47	15.89	5.95	NA
2124	<i>M. strigilatus</i>	1999	6.45	6.30	06.02	5.94	26.05	26.58	3.82	3.48	15.23	5.65	20.1
6412	<i>M. strigilatus</i>	2021	6.50	6.60	06.03	06.07	28.20	28.15	3.65	3.78	15.65	6.60	18
5956	<i>M. strigilatus</i>	2015	6.50	6.45	06.05	06.06	NA	NA	4.41	3.50	15.71	6.00	20
5039	<i>M. strigilatus</i>	2013	6.80	6.50	6.56	6.13	28.79	28.97	3.87	4.16	16.06	06.10	19
6831	<i>M. strigilatus</i>	2008	6.45	6.60	06.09	6.18	27.64	27.70	3.66	3.43	15.45	5.90	NA
489	<i>M. strigilatus</i>	1975	6.35	6.30	5.87	5.8	26.51	26.17	4.24	04.08	16.24	5.80	24
974	<i>M. strigilatus</i>	1980	6.50	6.60	6.12	6.15	27.30	27.05	3.93	4.13	16.51	5.90	19
6406	<i>M. strigilatus</i>	2021	6.80	6.50	6.56	6.13	28.79	28.97	4.32	3.90	16.83	6.30	21.5
4904	<i>M. strigilatus</i>	2013	6.20	6.35	5.74	5.99	26.63	27.10	4.10	3.65	15.51	6.70	20
5444	<i>M. strigilatus</i>	2014	6.80	6.85	6.35	6.33	25.40	25.04	3.92	3.41	14.79	6.00	23
1202	<i>M. strigilatus</i>	1998	6.75	6.65	6.44	6.25	28.57	28.23	3.97	3.40	16.22	5.60	21.5

296	<i>C. brissonii</i>	1970	8.15	7.95	06.01	6.6	16.04	17.36	10.97	6.96	15.20	6.40	NA
600	<i>C. brissonii</i>	1975	7.90	7.80	NA	NA	15.78	15.65	11.52	8.26	15.47	07.05	NA
136	<i>C. brissonii</i>	1970	7.80	7.50	07.08	6.67	15.73	16.19	11.37	7.65	15.07	6.10	NA
480	<i>C. brissonii</i>	1975	8.10	08.05	7.23	07.08	15.85	15.94	12.16	8.96	16.21	7.00	NA
992	<i>C. brissonii</i>	1980	7.20	7.30	6.24	6.48	16.34	15.75	11.37	6.81	13.59	6.50	22
2313	<i>C. brissonii</i>	1999	7.65	7.66	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
976	<i>C. brissonii</i>	1980	8.20	8.25	7,11	7,18	16.70	16.90	11.43	7.47	13.46	6.95	22.5
4853	<i>C. brissonii</i>	2013	7.95	7.80	6,85	6,84	16.77	16.84	12.04	8.35	13.95	6.80	23.5
4126	<i>C. brissonii</i>	2006	8.00	8.10	7,15	7,12	16.33	16.54	11.30	9.17	13.86	7.10	NA
1101	<i>C. brissonii</i>	1987	8.30	8.25	7,16	7,15	16.72	16.38	11.79	8.72	14.71	6.95	24.5
1258	<i>C. brissonii</i>	1998	7.95	8.10	6,97	7,2	17.37	16.98	11.08	08.02	13.66	6.60	21.5
1296	<i>C. brissonii</i>	1998	7.95	7.90	6,96	6,95	16.37	16.79	11.82	8.82	16.74	6.90	21
4143	<i>C. brissonii</i>	2006	6.70	6.85	5,76	5,96	16.79	16.42	11.26	8.73	14.34	07.05	NA
4250	<i>C. brissonii</i>	2007	7.40	7.60	6,56	6,63	17.37	19.24	10.95	8.21	13.72	6.70	20
1244	<i>C. brissonii</i>	1998	7.60	7.45	6,73	6,5	15.39	15.80	10.78	8.76	13.95	6.30	20
4422	<i>C. brissonii</i>	2008	7.80	7.98	6,85	6.95	16.26	16.01	11.42	8.51	15.64	6.60	NA
4974	<i>C. brissonii</i>	2013	7.95	7.65	6.97	5.10	16.83	16.87	10.43	7.18	14.40	7.00	21
5041	<i>C. brissonii</i>	2013	7.60	7.60	6.75	6.78	16.82	16.78	10.84	4.52	14.19	7.00	13
4977	<i>C. brissonii</i>	2013	8.10	8.10	6.97	07.03	16.70	16.29	9.86	7.72	13.21	7.30	20
4867	<i>C. brissonii</i>	2013	7.80	7.40	07.05	6.85	16.72	16.78	11.34	10.45	14.89	6.40	NA
6872	<i>C. brissonii</i>	2008	7.80	7.80	6.85	6,95	17.71	17.55	10.86	8.48	13.69	6.90	NA

519	<i>C. brissonii</i>	1975	7.80	7.95	6.95	6.74	17.26	16.34	11.45	9.58	15.41	6.80	NA
4089	<i>C. brissonii</i>	2005	7.30	7.25	6.39	6.31	16.47	16.85	11.48	8.45	14.40	6.30	18
4232	<i>C. brissonii</i>	2007	7.60	7.60	6.62	6.74	16.61	16.74	11.04	9.13	13.80	6.90	27
4613	<i>C. brissonii</i>	2009	7.40	7.20	6.42	6.35	16.72	16.80	11.29	8.91	14.24	6.90	NA
2223	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.70	4.80	4.30	4.10	14.45	14.81	3.35	3.20	11.39	NA	8
4481	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	4.55	4.60	4.15	4.10	15.68	15.74	3.45	2.27	11.75	3.80	NA
4976	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	5.50	5.25	4.45	4.50	17.62	17.73	3.59	2.87	11.86	3.90	7.5
2164	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.40	4.50	04.05	4.15	16.45	15.85	3.69	2.55	11.55	3.10	6.5
2215	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.75	4.75	4.20	4.10	16.40	16.32	3.87	2.76	11.87	NA	7
4107	<i>H. margaritaceiventer</i>	2005	4.70	4.80	04.05	4.15	15.31	16.31	3.45	2.92	12.31	3.70	7
2094	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.50	4.60	4.10	04.05	16.50	16.19	3.58	2.57	11.52	3.40	NA
4100	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.20	5.15	4.50	4.40	15.82	15.77	3.79	2.64	11.91	3.45	7.5
4151	<i>H. margaritaceiventer</i>	2006	4.80	4.95	4.25	4.30	15.92	15.82	3.55	2.84	11.89	3.70	6
2365	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.15	5.25	4.70	4.55	16.37	16.52	3.20	2.41	11.91	4.20	7
4469	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	4.80	4.90	04.05	4.20	16.38	16.12	3.72	2.88	10.60	2.60	7
4473	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	4.80	4.85	4.15	4.10	16.27	16.05	3.73	2.72	12.07	4.30	8
4476	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	4.75	4.90	4.45	4.40	16.60	16.35	3.76	2.57	11.81	3.85	7
4477	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	4.70	4.85	4.35	4.40	16.27	15.93	3.73	2.62	11.93	3.80	6
4482	<i>H. margaritaceiventer</i>	2008	4.60	4.60	4.15	4.10	16.38	16.69	3.29	2.33	10.98	3.95	7
4649	<i>H. margaritaceiventer</i>	2004	5.20	5.10	4.60	4.75	16.67	16.77	3.58	2.76	11.58	4.35	NA
5429	<i>H. margaritaceiventer</i>	2014	5.20	5.15	4.50	4.45	16.98	16.93	3.51	2.59	11.80	4.30	7

4650	<i>H. margaritaceiventer</i>	2004	4.75	4.80	4.15	4.10	16.82	16.76	3.73	2.72	11.22	3.60	NA
3996	<i>H. margaritaceiventer</i>	2004	5.30	5.40	4.75	4.80	16.38	16.61	3.75	2.25	11.72	4.45	NA
4254	<i>H. margaritaceiventer</i>	2008	4.95	05.05	4.65	4.30	16.13	16.66	3.41	2.63	11.62	4.15	7
4467	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	5.30	5.15	4.60	4.35	16.93	17.05	3.71	2.54	11.79	4.30	8
5001	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	4.80	4.85	4.70	4.65	17.23	16.69	2.17	3.73	12.69	3.90	7
3440	<i>H. margaritaceiventer</i>	2000	4.80	4.80	4.75	4.72	16.40	16.15	2.50	3.82	11.50	3.65	NA
4108	<i>H. margaritaceiventer</i>	2005	4.70	4.60	4.56	4.68	15.86	15.76	2.45	3.39	12.13	3.60	7
2435	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.00	5.10	4.96	4.92	16.61	16.44	2.61	3.68	12.12	4.10	7.5
1316	<i>H. margaritaceiventer</i>	1998	4.65	4.80	4.50	4.67	16.38	16.16	2.77	3.25	12.26	3.45	7
3537	<i>H. margaritaceiventer</i>	1984	4.85	4.90	4.62	4.78	15.88	15.97	2.81	3.51	12.37	NA	NA
4849	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	4.70	4.80	4.58	4.62	15.79	15.82	2.63	3.52	12.33	NA	7.5
5425	<i>H. margaritaceiventer</i>	2014	4.75	4.80	4.63	4.70	16.27	16.82	2.98	3.21	11.88	3.40	6
4823	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	4.60	4.55	4.42	4.46	15.73	15.96	2.55	3.31	12.25	3.60	7
4332	<i>H. margaritaceiventer</i>	2005	5.00	5.00	4.82	4.88	16.43	16.74	2.71	3.61	11.83	3.90	NA
1245	<i>H. margaritaceiventer</i>	1998	4.60	4.60	4.52	4.48	16.31	16.24	2.67	3.88	11.57	3.60	5.5
1303	<i>H. margaritaceiventer</i>	1998	5.20	5.15	5.00	5.00	16.21	16.58	2.35	3.51	11.89	3.45	7
917	<i>H. margaritaceiventer</i>	1980	4.80	5.25	5.00	4.72	16.49	16.40	2.51	3.57	11.39	NA	7.5
2265	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.85	4.80	4.72	4.80	16.63	16.49	2.67	3.14	11.84	3.55	NA
5013	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	4.20	4.25	04.05	04.05	16.64	16.59	2.83	3.47	12.23	3.60	7
4471	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	5.10	5.20	4.80	5.00	16.59	16.27	2.73	3.21	11.69	4.25	8.5
4285	<i>H. margaritaceiventer</i>	2000	5.15	5.10	4.80	5.00	16.50	16.76	2.63	3.26	11.21	4.30	8

1055	<i>H. margaritaceiventer</i>	1981	5.15	5.15	4.95	4.90	16.43	16.54	2.35	3.65	11.19	4.30	7.5
1048	<i>H. margaritaceiventer</i>	1981	5.10	05.05	4.85	4.90	16.12	16.32	2.83	3.75	11.85	4.30	8
979	<i>H. margaritaceiventer</i>	1980	5.15	5.10	4.75	4.80	16.57	16.65	2.38	2.84	11.88	4.15	7
937	<i>H. margaritaceiventer</i>	1980	4.60	4.55	4.40	4.38	15.93	15.71	2.17	3.35	11.90	3.25	5.5
4478	<i>H. margaritaceiventer</i>	2007	5.20	5.20	4.85	4.70	16.59	16.28	2.41	3.63	12.04	04.05	7
2234	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.00	4.90	4.90	4.72	NA	16.47	2.59	3.89	12.40	3.85	8
4983	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	5.45	5.45	05.10	4.90	17.88	17.96	2.64	3.89	12.59	4.75	8.5
4648	<i>H. margaritaceiventer</i>	2004	5.20	5.30	4.70	4.85	16.70	16.66	2.53	3.55	11.71	4.45	NA
2135	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.25	5.40	5.00	4.95	17.36	17.78	2.56	3.66	12.47	04.05	9
4096	<i>H. margaritaceiventer</i>	2005	4.70	4.60	4.38	4.30	16.76	16.32	2.33	3.85	11.16	NA	7
1261	<i>H. margaritaceiventer</i>	1998	5.25	5.15	4.78	4.80	16.88	16.25	2.44	3.48	10.54	3.95	6
2095	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.10	5.20	4.85	5.10	17.10	16.61	2.52	3.79	11.88	4.15	NA
1327	<i>H. margaritaceiventer</i>	1998	4.75	4.80	4.36	4.18	17.20	16.41	2.53	4.00	11.70	3.50	27
1268	<i>H. margaritaceiventer</i>	1998	5.20	5.20	4.80	4.85	17.51	17.18	2.75	3.76	12.40	4.30	7.5
2351	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.20	4.40	04.06	4.18	17.29	17.11	2.71	3.82	12.13	3.30	7
2331	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.30	5.30	4.34	4.47	16.58	16.44	2.78	3.76	11.90	3.20	8
2372	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.30	4.60	4.28	4.46	16.23	16.33	2.81	04.04	12.09	4.10	8
4980	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	5.45	5.40	4.70	4.85	16.95	16.81	2.77	3.65	11.47	4.15	8
4918	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	4.90	5.00	4.80	4.75	17.23	17.08	2.85	3.34	11.53	3.95	8
4983	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	5.30	5.40	4.80	4.90	17.86	17.29	2.67	3.96	12.14	3.60	8.5
3133	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.10	5.00	4.65	4.70	16.77	16.51	2.57	3.98	11.84	3.90	7.5

2096	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.10	5.20	4.50	4.80	16.74	16.95	2.75	3.83	11.88	3.85	NA
4860	<i>H. margaritaceiventer</i>	2013	4.50	4.50	4.10	4.00	15.90	16.37	2.53	3.92	11.67	3.25	6.5
4754	<i>H. margaritaceiventer</i>	2011	4.90	4.90	4.40	4.25	15.52	16.41	3.34	3.48	11.58	3.70	7
2113	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.10	5.10	4.50	4.40	16.87	16.88	2.68	3.95	11.32	4.30	9
2279	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.00	05.05	4.80	4.60	16.16	16.27	2.77	4.11	11.72	4.10	8
3112	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	5.00	4.85	4.50	4.60	16.13	16.51	2.87	3.63	11.73	4.10	8
2390	<i>H. margaritaceiventer</i>	1999	4.40	4.60	4.10	4.00	16.05	16.15	2.82	3.65	11.99	3.60	6.5
2349	<i>. margaritaceiventer</i>	1999	4.40	4.60	4.30	4.10	16.19	16.12	2.51	3.16	11.88	3.60	8