UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

Autoecologia de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) em fragmento de Caatinga, Nordeste do Brasil

LEONARDO PESSOA CABUS OITAVEN

Recife, PE

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL TROPICAL

Autoecologia de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) em fragmento de Caatinga, Nordeste do Brasil

LEONARDO PESSOA CABUS OITAVEN

Orientador: Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura-UFRPE

Co-orientador: Dr. Juan Salvador Monrós Gonzalez -UV

Tese apresentada ao Programa de Pós-Gradução em Ciência Animal Tropical (PPGBA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para obtenção do Título de doutor

Recife, PE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O39a Oitaven, Leonardo Pessoa Cabus
Autoecologia de Gymnodactylus geckoides Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) em fragmento de Caatinga, Nordeste do Brasil / Leonardo Pessoa Cabus Oitaven. - 2022.
188 f. : il.

Orientador: Geraldo Jorge Barbosa de Moura.
Coorientador: Juan Salvador Monros Gonzales.
Inclui referências e anexo(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal, Recife, 2022.

1. Ecologia. 2. História Natural. 3. Processo evolutivo. 4. Biologia comparativa. 5. Parâmetros comportamentais. I. Moura, Geraldo Jorge Barbosa de, orient. II. Gonzales, Juan Salvador Monros, coorient. III. Título

CDD 636.089

“Ninguém nasce completamente formado: é através da própria experência no mundo que nos convertemos naquilo que somos”. (Paulo Freire)

DEDICATÓRIA

Esta tese é dedica a todos que nela trabalharam e se dedicaram junto a mim para que ela fosse elaborada, seja a partir de colaboração presencial ou a distância. Também dedico essa tese a toda minha família, pois estava sempre presente e me apoiando em todos os momentos desse processo, para que nunca desistisse. Finalmente essa tese é uma dedicação a todos os trabalhos científicos que atuam em prol da sociedade e que fazem a diferença, especialmente em tempos de pandemia como vivemos agora.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente aos meus pais e minha irmã, o núcleo mais próximo da família. O apoio em todo o processo foi fundamental para não desistir, desde os momentos de elaboração e trabalhos de campo no Brasil, até a mudança de país na Espanha. Me orgulho muito de todos eles, e sou muito grato por cada gesto e ação que realizaram em prol da minha carreira desde o princípio, além da construção para a pessoa que sou hoje.

Ao meu orientador, Geraldo Jorge Barbosa de Moura, e ao meu co-orientador Juan Salvador Monrós Gonzalez. Obrigado por acreditar e apoiar essa tese, obrigado também pelo acolhimento nos laboratórios e dedicação do seu tempo durante o processo.

Aos colegas de laboratório e do doutorado. Obrigado por toda a ajuda, seja nas matérias, bem como trabalhos de campo e laboratório. Sou grato por cada experiencia boa que tivemos durante todo o processo.

A todos os amigos que me apoiaram, mesmo a distância. Mudar de uma cidade para outra já é difícil, imagina de país, principalmente durante a quarentena. Obrigado pelo suporte, mesmo a distância que foi fundamental para que me mantivesse incentivado pra continuar com a tese.

A todos os meus colegas do programa Herpeto Sem Fronteiras. Obrigado por cada experiência incrível das lives. Em cada uma delas fui capaz de descobrir temas novos e encontrar novas experiências de divulgação científica. Espero que dure muito tempo nosso vínculo, bem como o projeto que cresce mais a cada ano.

Às instituições CAPES, FACEPE e PELD, pelo apoio financeiro e de recursos. Sem esse apoio não seria possível o desenvolvimento do projeto, bem como as pesquisas de campo.

A todos os meus colaborados dos capítulos da tese, Jaqueline Bianque, Márcio Chaves, Moacir Tinoco e Simone Gavilan. Todas as indicações e apoio com correções e recursos foram fundamentais para o desenvolvimento da tese. Cada capítulo não seria o mesmo sem ajuda de vocês.

A todos que me apoiaram nos trabalhos de campo, Sidney Calado e Beatriz Moraes. A coleta de exemplares da tese foi otimizada graças a vocês, obrigado por todo o apoio e dedicação em campo. Igualmente agradeço a todos os outros que participaram em coletas esporádicas.

Ao guia do Vale do Catimbau Luiz. Seu apoio nas pesquisas de campo iniciais foi fundamental para encontro de exemplares e para aprendizado de técnicas de coleta.

Leonardo Pessoa Cabus Oitaven

Autoecologia de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) em fragmento de Caatinga, Nordeste do Brasil

em 14 de fevereiro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura
Professor Orientador
Departamento de Biologia
UFRPE- Campus de Recife

Dr. Francisco Tiago de Vasconcelos
Avaliador (Membro externo)
Departamento de Biologia
UFPA- Campus de Belém, Pará

Dr. Selvino Neckel de Oliveira
Avaliador (Membro externo)
Departamento de Ecologia e Zoologia
UFSC- Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima - Florianópolis

---

Dra. Mara Cíntia Kiefer
Avaliadora (Membro externo)
Departamento de Biologia
UFF- Campus de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

Dr. Eduardo José dos Reis Dias
Avaliador (Membro externo)
Departamento de Biociências
UFS- Campus Prof. Dr. Alberto Carvalho de Aracajú, Itabaina, Sergipe

SUMÁRIO

Resumo Geral.....1
Introdução Geral.....2
Objetivos.....14
Hipóteses.....15
Referências bibliográficas.....16
Anexos.....26

Capítulo 1: Trophic Ecology of *Gymnodactylus Geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) From A Caatinga Remnant, Northeastern Brazil.....29

Abstract……30

Introduction……..32

Material and methods……..34

Results……40

Discussion……..44

Acknowledgments……49

Literature cited……..49

Legend of figures……..……59

Capítulo 2: Thermal ecology and microhabitat use of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) in a Caatinga remnant within different landscape conditions (Brazil)……...69

Abstract……70

Introduction……..71

Material and methods……..73

Results……75

Discussion……..78

Acknowledgments……81

Fundings and References……..82

Anexos……86

Capítulo 3: Parâmetros ecológicos e influência de fatores bióticos e abióticos sobre a helmintofauna de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) no domínio morfoclimático da Caatinga, Brasil……...93

Resumo…….94

Introdução...……..95

Material e métodos.....……96

Resultados……99

Discussão.…..……100

Agradecimentos...……...102

Referências…….....102

Anexos……..108

Capítulo 4: Relationships Between Body Growth Indices and Environmental Factors in *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Gymnophthalmidae) population from a Caatinga Remnant in Northeast Brazil.....……112

Abstract……...113

Introduction……114

Material and methods……116

Results……..121

Discussion……123

Acknowledgments……...127

References……128

Anexos……..134

Capítulo 5: Variações sazonais e influência de fatores exógenos e endógenos nas histologias testiculares ovarianas de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamta, Phyllodactilidae) em remanescente de Caatinga, Nordeste do Brasil…….143

Resumo……...144

Introdução……...……145

Material e método…...……148

Resultados……...152

Discussão……..……161

Agradecimentos…...……...164

Literatura citada……165

Anexos……..171

Considerações gerais……186

Resumo Geral: Autoecologia e o estudo dos mais variados aspectos são de fundamental importância para compreensão da história natural e ecologia da espécie. Além disso, tais aspectos contribuem para estratégias de manejo e conservação ambiental e de espécies. Portanto, considerando que os dados na literatura sobre populações de *Gymnodactulus geckoides*, no estado de Pernambuco permanecem pobremente, ou não estudados, o presente trabalho teve como objetivo uma análise de aspectos autoecológicos, abordando novas técnicas e perspectivas (Variações de períodos de seca e chuva) nunca previamente utilizadas, para análsies de ecológia trófica, especificidade microambiental, biologia reprodutiva e parasitologia, em uma população dessa espécie de lagarto, em área de Caatinga, no estado de Pernambuco. No total foram analisados, de acordo com alimentos ingeridos, condições das gônadais e corpóreas, além de micro-habitat e parasitos, 203 indivíduos, sendo 68 fêmeas, 98 machos e 31 juvenis, e mais 6 animais avistados, porém não capturados. Como previamente abordado, nossos dados de ecologia trófica também permitem classificar *G. geckoides* como generalista, porém o presente estudo apresenta variações de acordo com a disponibilidade do ambiente, variando o número e volume de presas ingeridas. Presas menores tendem a ser ingeridas em maior quantidade no período de estiagem, enquanto presas maiores são ingeridas em menor quantidade durante períodos de chuva. O micro-habitat também tem variações de acordo com o ambiente, indicando preferência pela vegetação nativa, quando presente. A relação parasito-hospedeiro revelou baixa diversidade de parasitos, sendo registrada grande relação dos helmintos com a morfologia e sazonalidade. Foram encontradas variações de acordo com presas ingeridas, tamanho corpóreo e variações sazonains, considerando os níveis de infecção. Finalmente os fatores de reservas energéticas, bem como modificação de células reprodutivas, indicam que esta espécie apresenta reprodução contínua e acíclica, sendo altamente correlacionada ao período de chuva, no qual pôde ser encontrado maior frequência de fêmeas portando ovos no oviduto e ovários em estágio vitelogênico. Portanto as reservas energéticas são utilizadas em maior escala por este grupo em função da gestação e maturação de ovários.

Palavras-chaves: Lagarto, Dieta, Microhabitat, Ecologia Parasitária, Reprodução.

INTRODUÇÃO GERAL

Autoecologia é a área da ecologia responsável pelo estudo das relações de determinada espécie com o ambiente em que vive (VITT, 1986; STEARNS, 1992; GARDA et al. 2014). Pesquisas nessa área vêm sendo desenvolvidas com diversas espécies de lagartos, considerando os mais variados aspectos autoecológicos como alimentação (VITT, 1986; Garda et al. 2014), microhabitat (VITT, 1986; DIAS & ROCHA, 2004; CARUCCIO et al. 2010), reprodução (SHERBROOKE, 1975; PINILLA, 1991; MESQUITA et al. 2015) e parasitologia (ANDERSON, 2000; OITAVEN et al. 2019). Dentre os vertebrados, lagartos são considerados bons modelos para estudos ecológicos, pois são terrestres, abundantes e fáceis de capturar (VITT et al. 2007). Estudos autoecologicos, utilizando lagartos de região temperada e neotropical, têm contribuído de forma significativa para diversas áreas da ecológica e suas teórias como: população e comunidade e táticas de forrageio, considerando ocupação do ambiente e sucessão ecológica, história de vida e biologia comparativa, considerando aspectos comportamentais e adaptações sofridas pela espécie (HUEY et al. 1983; VITT and PIANKA, 1994; PIANKA and VITT, 2003).

O Brasil constitui um dos países com maior diversidade de espécies de lagartos no mundo (GARDA et al. 2014). O número de espécies já registradas chega a cerca de 282, agrupadas em quinze famílias distintas (COSTA & BÉRNILS, 2018). Devido a tamanha diversidade, muitas espécies permanecem com os apectos autoecológicos pouco conhecidos, apresentando-se de grande valia em pesquisas científicas voltadas para a compreensão de padrões e modelos ecológicos (RAMOS, 1981; VITT et al. 1986), bem como história natural (DUNHAM et al. 1988; STEARNS, 1992; GARDA et al. 2014). Portanto, parâmetros autoecológicos dos lagartos são grandes indicadores no que se refere à aspectos tróficos, reprodutivos, parasitológicos, biométricos, especificidade microambiental e distribuição espaço-temporal (COLLI et al. 2003; GARDA et al. 2014).

Especificidade microambiental

A especificidade microambiental, incluíndo o uso de micro-habitat (utilização dos substratos disponíveis no ambiente), bem como distribuição espacial, está diretamente

vinculado às oportunidades para termorregulação, forrageio, defesa contra predadores e reprodução, além da disponibilidade de recursos no ambiente estudado (DIAS & ROCHA, 2004; CARUCCIO et al. 2010), sendo altamente necessário para compreensão da dinâmica da espécie no ambiente e suas especificidades de microhabitats (TEXEIRA-FILHO et al. 1995; OLIVEIRA & PESSANHA, 2013). Esse aspecto autoecológico vem sendo descrito para lagartos nos mais variados Domínios Morfoclimáticos como restingas (DIAS & ROCHA, 2004; VARGENS et al. 2008), Caatinga (SANTANA, 2011; OLIVEIRA & PESSANHA, 2013), Mata Atlântica (CARUCCIO et al. 2010), Cerrado (COLLI et al. 2003; MESQUITA et al. 2006; VITT et al. 2007) e Floresta Amazônica (VITT et al. 2001; MESQUITA et al. 2015).

A seleção de certos micro-hábitats pode resultar em diferenças na composição da população, o que pode tornar-se mais evidente quando esta se estuda em condições de ambientes conservado e antropizado (GARDNER et al. 2007; VITT et al. 2007). Portanto, a compreensão do uso de micro-hábitat faz-se necessária para verificar o nível de de adaptação e reação da população sobre condições distintas de recursos no ambiente, verificando recursos necessários para suas atividades gerais (Dieta, termorregulação e reprodução), as quais tendem a ser altamente vinculadas a tipos específicos de ambientes para algumas espécies de lagartos (GARDNER et al. 2007). Além das condições ambientais, o uso de micro-habitat também nos permite revelar traços da história natural da espécie e verificar variações entre fêmeas e machos de uma população. Portanto, fêmeas e machos podem estar associados a diferentes microhabitats revelando variações morfológicas e ontogenéticas (PAULISSEN, 1987).

Morfologia

O aspecto da morfologia constitui um fator ecológico de suma importância para o grupo dos lagartos. Em algumas espécies, machos ou fêmeas podem apresentar características morfológicas diferenciadas, como cabeças maiores (COLLI et al. 2003; AMORIM et al. 2017) ou membros, posteriores e anteriores, maiores (GARDA et al. 2014). Dessa forma, fêmeas e machos tendem a apresentar comportamentos e hábitos distintos, o que auxilia para evitar competição, seja inter ou intraespecífica (HAINES

et.al, 2016), bem como influênciar nas relações reprodutivas, determinando a seleção de indivíduos mais aptos para uma reprodução bem sucedida, a exemplo da escolha de machos com cabeças mais largas, os quais tendem a vencer competição pelas fêmeas, bem como fêmeas maiores revelando maior capacidade de gerar ninhadas mais numerosas (COLLI et al. 2003; HUYGHE et al. 2005). Além disso, variações morfológicas podem estar diretamente associdas à dieta, indicando a ingestão de alimentos distintos (Volume e robustez das presas) entre fêmeas e machos (HERREL et al. 2003; HERREL et al. 2006) Em resumo, conhecer aspectos morfológicos é de grande valia para compreender a evolução dos fenótipos da espécie, bem como suas relações com o ambiente em que vive (HUYGHE et al. 2005).

Ecologia trófica

A ecologia trófica consiste no estudo de todos os aspectos relacionados à alimentação, desde a tática de forrageio adotada, até a composição da dieta e fatores que a influênciam (PIANKA, 1966; HUEY & PIANKA, 1981). No Brasil é conhecido que a maioria dos lagartos possui dieta predominantemente composta por artrópodes, especialmente insetos (VITT, 1995; ALCANTRA et al. 2019), com algumas espécies consumindo vegetais, e outros vertebrados como anfíbios, mamíferos, bem como outros lagartos (SIQUEIRA & ROCHA, 2008). A ecologia trófica está diretamente vinculada a aspectos locais e à história evolutiva da espécie estudada (HUEY & PIANKA, 1981; MENEZES et.al, 2007), fornecendo informações a respeito dos tipos de alimentos consumidos, sua importância relativa, estratégias de forrageamento utilizadas (VITT, 1995; CASCIO & CAPULA, 2011; ALCANTARA et al. 2019), além da relação da dieta com outros parâmetros ecológicos como morfologia e especificidade microambiental (COLLI et al. 2003; MESQUITA et al. 2006; MESQUITA et al. 2015).

A ecologia trófica também representa um pilar de grande importância do nicho ecológico de uma espécie, uma vez que sua amplitude indica um maior hábito generalista ou especialista da mesma, podendo também variar de acordo com populações estudadas, considerando uma única espécie (BOLNICK et al. 2003; COSTA et al. 2015; CARVALHO-ROCHA et al. 2017). Como exemplos de lagartos especialistas, podem ser

citadas as espécies *Gymnophthalmus leucomastyx* Vanzolini & Carvalho, 1991 (Gymnophthalmidae) e *Cnemidophorus leminiscatus* Linneaus, 1758 (Teiidae). Estas espécies se alimentam exclusivamente de termitas e possuem diversas adaptações em sua morfologia que permitem às especies viverem com tal hábito (Vitt & Carvalho, 1995). Em contrapartida, espécies generalistas, pertencentes à famílias como Dactyloidae Gymnophthalmidae, a exemplo de *Norops fuscoauratus* D'orbigny, 1837 e *Dryadosaura nordestina* Rodrigues, Xavier Freire, Machado Pellegrino & Sites, 2005, se alimentam de uma ampla gama de artrópodes de acordo com a disponibilidade do ambiente (VITT et al. 2003; GARDA et al. 2014).

Ecologia Parasitária

A relação parasita-hospedeiro constitui um fator importante para entender a dinâmica de uma população e a estrutura da comunidade (ALBUQUERQUE et al. 2012; HATCHER et al. 2012; OITAVEN et al. 2019). Estudos realizados sobre essa relação têm contribuído para definições de padrões biogeográficos e de co-evolução (ÁVILA & SILVA, 2010; ÁVILA et al. 2012), revelando adaptações do hospedeiro para resistir ao parasito, e deste para poder sobreviver (HATCHER et al. 2012). Além disso, possibilitam determinar como o parasito pode influenciar no comportamento do hospedeiro e as consequências geradas para o mesmo (ÁVILA et al. 2012; HATCHER et al. 2012).

Parasitos podem influenciar os mais variados fatores em uma comunidade ecológica como controle e enriquecimento das teias alimentares e relações tróficas (HATCHER et al. 2012), moldadores do ecossitema, seja influenciando o ambiente ou os hospedeiros (ÁVILA & SILVA, 2010), elevando o fluxo de energia no ambiente, aumentando as chances de predação de uma espécie infectada, além do maior rendimento na ciclagem de nutrientes por vegetais parasitados (MARC & WATSON, 2007) e como bioindicadores, de acordo com a abundância no ambiente e pela acumulação de metais pesados (DOBSON et al. 2008).

Os lagartos são hospedeiros de uma ampla gama de parasitas. Esses parasitas, por sua vez, podem ser adquiridos através da ingestão de presas infectadas, material vegetal contaminado, cropofagia, geofagia, ou penetração ativa (ANDERSON, 2000). Trabalhos

recentes vem apresentando uma macro-fauna de endoparasitos, associados a lagartos bem como os demais répteis, cada vez mais diversa (ÁVILA & SILVA, 2010; ALBUQUERQUE et al. 2012; LIMA et al. 2017; ALCANTARA et al. 2019). Tal diversidade vem sendo elevada consideravelmente a partir do momento em que são descritas novas espécies, seja de parasitos (BERTRAND et.al, 2013; QUIROZ-GUTIÉRREZ et.al, 2015), ou de novas hospedeiros para um parasito descrito anteriormente (ÁVILA & SILVA, 2010; ÁVILA et.al, 2012), bem como a realização de amostragens em novas áreas (ÁVILA & SILVA, 2010; LIMA et.al, 2017; ALCANTARA et.al, 2019).

Biologia Reprodutiva

O estudo da biologia reprodutiva tem fornecido dados importantes para formulação e testes de hipóteses sobre a evolução da história de vida dos lagartos, a exemplo de tipos de reprodução apresentados por cada espécie, períodos de recrudescência e iniciação do processo reprodutivo (TORKI, 2007; ABU-ZINADAH, 2008), além de períodos de maturação e influência positiva e/ou negativa de fatores bióticos e abióticos sobre o processo reprodutivo (LOZANO et al. 2014; LOZANO et al. 2015; NORVAL et al. 2019), indicando estratégias geradas pela espécie para alcançar seu sucesso reprodutivo dentro do ambiente em que se encontra (RAMIREZ-BAUTISTA et al. 2000; GARDA et al. 2012). Para compreender suas características reprodutivas, é necessário considerar fatores que incluem história de vida, fatores geoambientais, padrões de sazonalidade, tática de forrageio, morfologia e filogenia (TORKI, 2007; LOZANO et al. 2014; LOZANO et al. 2015).

Dentre os lagartos, o controle da gametogênese, juntamente com o seu ciclo reprodutivo, tende a ser mediado por uma ação integrada entre o ritmo endógeno de cada espécie (GARDA et al. 2012; LOZANO et al. 2015) e a influência de fatores ambientais (SERRANO-CARDOZO et al. 2007; SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ et al. 2013). A maioria das espécies se reproduz sexualmente e é ovípara, podendo ocorrer diferenças significativas no tamanho da ninhada (VIEIRA et al. 2001). A reprodução pode ser classificada em três tipos: contínua sem variação na atividade reprodutiva (acíclica),

contínua com variação na atividade reprodutiva e não contínua, contendo interrupções da atividade reprodutiva em determinados períodos do ano (cíclica) (SHERBROOKE, 1975; VIEIRA et al. 2001). Espécies com baixa expectativa de vida e alta fecundidade, geralmente alcançam o estágio de maturação sexual mais rápido, enquanto outras amudurecem mais tardiamente, apresentando longos períodos de vida como indivíduos reprodutivos e depositando menos ovos a cada ninhada (TINKLE, 1970; ALCANTARA et al. 2019).

Em regiões de clima marcadamente sazonal, as espécies tendem a se reproduzir de maneira sazonal (TORKI, 2007), o que acontece predominantemente nas regiões temperadas do globo em decorrência dos rigorosos invernos (WIEDERCHECKER et al. 2002; GALDINO et al. 2003). Para as espécies que habitam a região tropical, os determinantes das estratégias reprodutivas se apresentam muito mais complexos, pois as condições climáticas são mais favoráveis (COLLI et al. 2003; GALDINO et al. 2003; ALCANTARA et al. 2019). Em populações isoladas, uma mesma espécie pode adotar táticas distintas de reprodução, o que torna ainda mais evidente a influência de fatores abióticos distintos como: temperatura, precipitação e fotoperíodo sobre os ciclos reprodutivos das espécies (WIEDERCHECKER et al. 2002; LOZANO et.al, 2014; LOZANO et al. 2015).

Gênero *Gymnodactylus* Spix, 1825

O gênero *Gymnodactylus* (Spix, 1825) é endêmico do Brasil, ocorrendo nos domínios de Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado (FREIRE, 1998; CASSIMIRO & RODRIGUES, 2009). É um grupo pequeno dentro da família Phyllodactylidae, constituído por cinco espécies, presentes somente em território brasileiro (VANZOLINI, 2004; CASSIMIRO & RODRIGUES, 2009) (Figura 1). As espécies desse gênero apresentam pequeno porte, com os indivíduos adultos alcançando em média 50 mm de Comprimento Rostro Cloacal (CRC) (PELEGRINO et al. 2005; CASSIMIRO & RODRIGUES, 2009; OITAVEN et al. 2019). Apresentam também pálpebras fixas, membros pentadáctilos, pupila vertical elíptica, fileiras longitudinais de tubérculos

dorsais, dedos não dilatados e dotados de garras (COLLI et al. 2003; VANZOLINI, 2004; VANZOLINI, 2005).

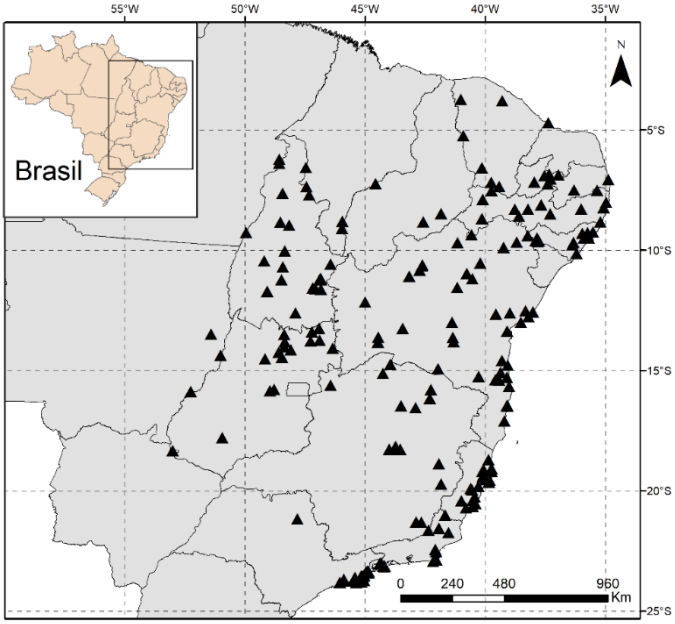

Figura 1: Distribuição geográfica do gênero *Gymnodactylus* (Spix, 1825) pelo território brasileiro. Mapa elaborado plo ArcGis. Fonte: Adaptado de Cassimiro, 2010.

Gymnodactylus apresenta hábito diurno, terrícola, e modo de forrageio voltado para o tipo senta-e-espera (PELLEGRINO et al. 2005; PELLEGRINO et al. 2009; CASSIMIRO, 2010). Costuma ocupar ambientes rochosos, com vegetação aberta, bem como campos abertos e/ou abrigos (COLLI et al. 2003). O gênero é composto, até o presente momento, pelas espécies *G. amaralii* (Barbour, 1925); *G. darwinii* (Gray, 1845); *G. geckoides* (Spix, 1825) e *G. gutullatus* (Vanzolini, 1982); *G. vanzolini* (Cassimiro & Rodrigues, 2009) (COSTA & BÉRNILS, 2018) (Figura 2). Pesquisas recentes reveleram que esse gênero, diferentemente do que se conhecia, é constituído por espécies polifiléticas, apresentando potencial para espécies distintas dentro de um mesmo Domínio Morfoclimático (CASSIMIRO, 2010). No domínio da Caatinga a espécie predominante é *Gymnodactylus geckoides* (ALCANTARA et al. 2019), elevada ao *status* de espécie após revisões realizadas em 2004 e 2005 (VANOLINI, 2004; VANZOLINI, 2005; PELLEGRINO et al. 2009).

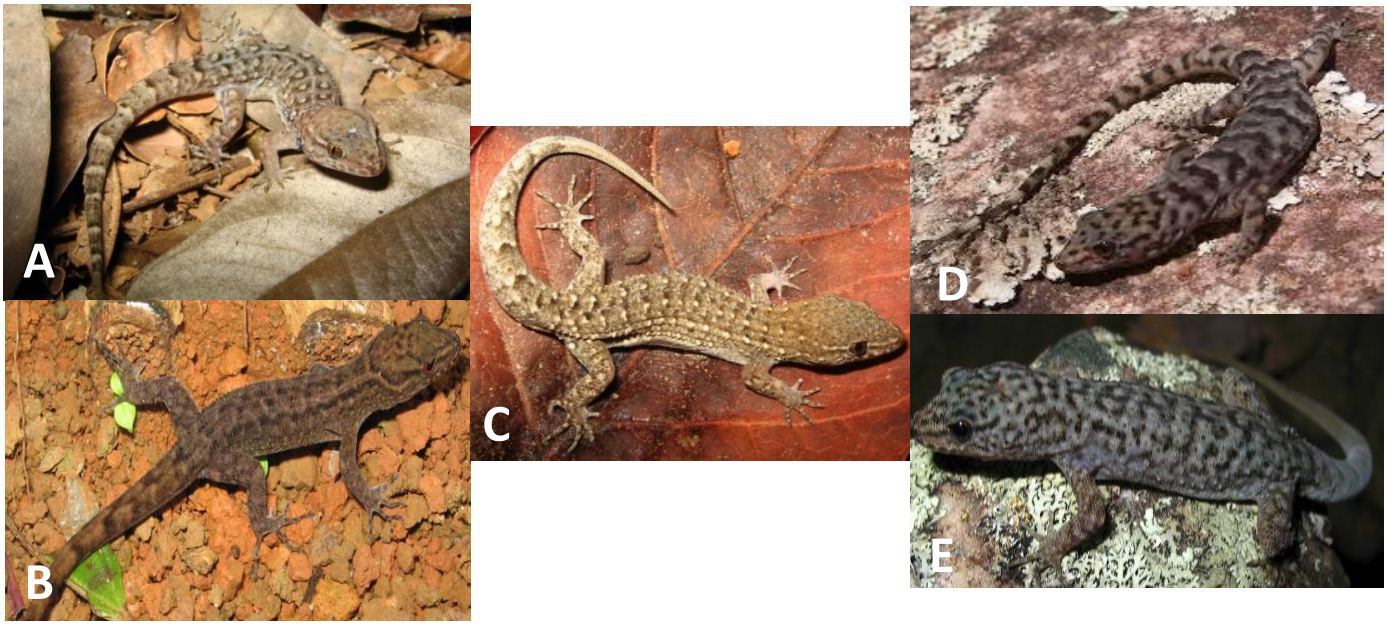

Figura 2: Espécies componentes do gênero *Gymnodactylus*: A) *G. amaralii* (Barbour, 1925); B) *G. darwinii* (Gray, 1845); C) *G. geckoides* (Spix, 1825); D) *G. vanzolini* (Casimiro e Rodrigues, 2009); E) *G. guttulatus* (Vanzolini, 1982). Fotos: Marco Antônio de Freitas e Adaptado de Cassimiro & Rodrigues (2009) e Cassimiro (2010).

***Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825**

A espécie *G. geckoides* é considerada endêmica do Domínio da Caatinga, e ocorre simpatricamente com *G. darwinii* em regiões de dunas no Rio Grande do Norte (VANZOLINI, 2004; CASSIMIRO & RODRIGUES, 2009). Esse lagarto possui ampla distribuição, apresentando ocorrência em áreas de Caatinga desde o Rio Grande Norte até a Bahia, além dos estados de Mato Grosso, Tocantins e Goiás (COSTA & BÉRNILS, 2018).

Gymonodactylus geckoides é classificado como um lagarto de pequeno porte, com cerca de 40 mm de Comprimento Rostro Cloacal (CRC) (CASSIMIRO & RODRIGUES, 2009; ALCANTARA et.al, 2019) e hábito predominantemente terrícolo e rupícolo (SOUZA-OLIVEIRA et.al, 2017; ALCANTARA et.al, 2019). Apresenta cabeça grande, distinta do pescoço e contendo grânulos dispostos aleatoriamente. O corpo também possui esses mesmos grânulos, apresentando coloração castanho acinzentado, com faixas transversais escuras e irregulares na região do dorso, assim como na cauda, formando

anéis completos. Os tubérculos dorsais em geral dispostos em 12, pareados de seis em seis, em fileiras longitudinais (CASSIMIRO, 2010) (Figura 3).

Figura 3: Exemplares de *G. geckoides* fotografados na região do Vale do Catimbau, Pernambuco, Brasil. Fotos: Emelly Facundes e Euan Ketlle.

Apesar de possuir distribuição e filogeografia conhecida, essa espécie possui os dados referentes a alguns aspectos autoecológicos restritos, ou inexistentes, especialmente considerando ciclos e influência ambiental sobre suas relações com o ambiente, deixando lacunas na informação da história natural da espécie e do gênero, especialmente informando a influência de fatores ambientais e como os mesmos podem modificar seus aspectos autoecologicos, levando em conta a grande distribuição dessa espécie pelo domínio da Caatinga (ALCANTARA et al. 2019; COSTA et al. 2021). Com relação aos aspectos autoecológicos, *G. geckoides* apresenta dados associados à estudo de comunidades em locais restritos (VITT, 1986; VITT, 1995), sendo que, para a relação Parasito-Hospedeiro, nenhuma população de *G. geckoides* no estado de Pernambuco, apresentou dados sobre sua fauna parasitária e parâmetros da relação parasito-hospedeiro em áreas de Caatinga. Além disso, é importante considerar que, no decorrer de uma determinada escala de tempo (Décadas), alguns lagartos podem apresentar mudanças nos seus aspectos autoecológicos, seja em decorrência de processos naturais, mudanças climáticas, bem como mudanças nas conformações das paisagens, devido à expansão de ambientes urbanos e construção de cidades (LOSOS et al. 1994; MESQUITA et al. 2007).

Tais situações vêm se demonstrando cada vez mais usuais nas últimas décadas, especialmente em ambientes sazonais como Cerrado e Caatinga (AMORIM et al. 2017).

Devido a tal carência, e considerando possíveis mudanças ocorridas nos aspectos autoecológicos de *G. geckoides*, o presente trabalho teve como objetivo principal realizar uma análise, sobre nova perspectiva e condições, os quais incluem variação sazonal e cíclica, dos aspectos autoecológicos dessa espécie, para populações de Pernambuco em área de Caatinga, presente na região do Parque Nacional do Catimbau, além de avaliar a influência de fatores ambientais (Precipitação, temperatura e umidade) e da intervenção urbana sobre tais aspectos. Visando uma avaliação completa dos aspectos autoecológicos das populações de *G. geckoides*, foram analisados os fatores de ecologia trófica, relação parasito-hospedeiro, biologia reprodução e especificidade microambiental.

Domínio Morfoclimático da Caatinga

Alguns Domínios Morfoclimáticos abarcam grande número de espécies endêmicas de lagartos e, ao mesmo tempo, essa biodiversidade permanece pobremente estudada e subestimada, a exemplo da Caatinga (GARDA et al. 2013a). A Caatinga representa um Domínio exclusivamente brasileiro, cobrindo uma área de aproximadamente 800.000 km² na região Nordeste, sendo que destes, cerca de 2% se encontram sobre proteção de Unidades de Conservação (GARDA et al. 2013a; PEDROSA et al. 2014). Além da escassa proteção, esse Domínio encontra-se sobre constante impacto, devido a atividades humanas (PEDROSA et al. 2014).

Estudos a respeito da diversidade da herpetofauna têm sido realizados nas mais diversas áreas da Caatinga ao longo dos anos, como Parque Nacional do Catimbau (PEDROSA et al. 2014), Serra da Capivara (QUEIROGA et al. 2014) e Raso da Catarina (GARDA et al. 2013a), porém os apectos ecológicos de muitas espécies, inclusive lagartos, permanecem com dados escassos ou inexistentes (GARDA et al. 2013b). Uma vez que iniciativas para definição de estratégias de manejo de espécies são regidas pela avaliação da quantidade e qualidade da informação disponível sobre as mesmas, estudos autoecológicos são, também, de suma importância para conservação de ambientes e proteção das espécies (PINTO et al. 2006; GARDA et al. 2014).

Parque Nacional do Catimbau

O Parque Nacional do Catimbau é uma Unidade de Conservação (UC), criada em 2002 a partir de Decreto Federal (Decreto n° 4.340/2002). Corresponde a um remanescente de Caatinga situado no centro do estado de Pernambuco, na Região do Vale Ipanema, compreendendo os municípios de Buíque, Sertânia, Ibimirim e Tupanatinga (PEDROSA et al. 2014) (Figura 3). O parque encontra-se inserido nos depósitos sedimentares das formações de Tacaratu, provenientes da Era Paleozoica (FERREIRA, 2010; PEDROSA et al. 2014). Devido a essas formações rochosas, a região também apresenta pinturas rupestres e artefatos pré-históricos, datados de ao menos 6.000 anos atrás, fazendo do mesmo um importante sítio arqueológico (PROENÇA, 2010). A região também considerada de alta importância ecológica, devido à riqueza e ao endemismo que abriga (PEDROSA et al. 2014).

A UC apresenta uma área de aproximadamente 62.000 ha, com altitudes variando de 600 a 1.000 m acima do nível do mar. O clima da região é semi-árido, com a precipitação mensal variando de 0 a 256 mm (Figura 3a), enquanto a temperatura anual apresenta uma média de 23°C (IBGE, 2017). A fisionomia predominante inclui vegetação tipicamente arbustiva e espinhada, solo arenoso e campos rochosos contendo tanto flora perene como decídua, típicos da Caatinga (SOUSA et al. 2012; PEDROSA et al. 2014). Monitoramentos da condição do solo revelam supressão de vegetação nativa para atividades de agricultura, pecuária e moradia dentro da UC (Figura 3b).

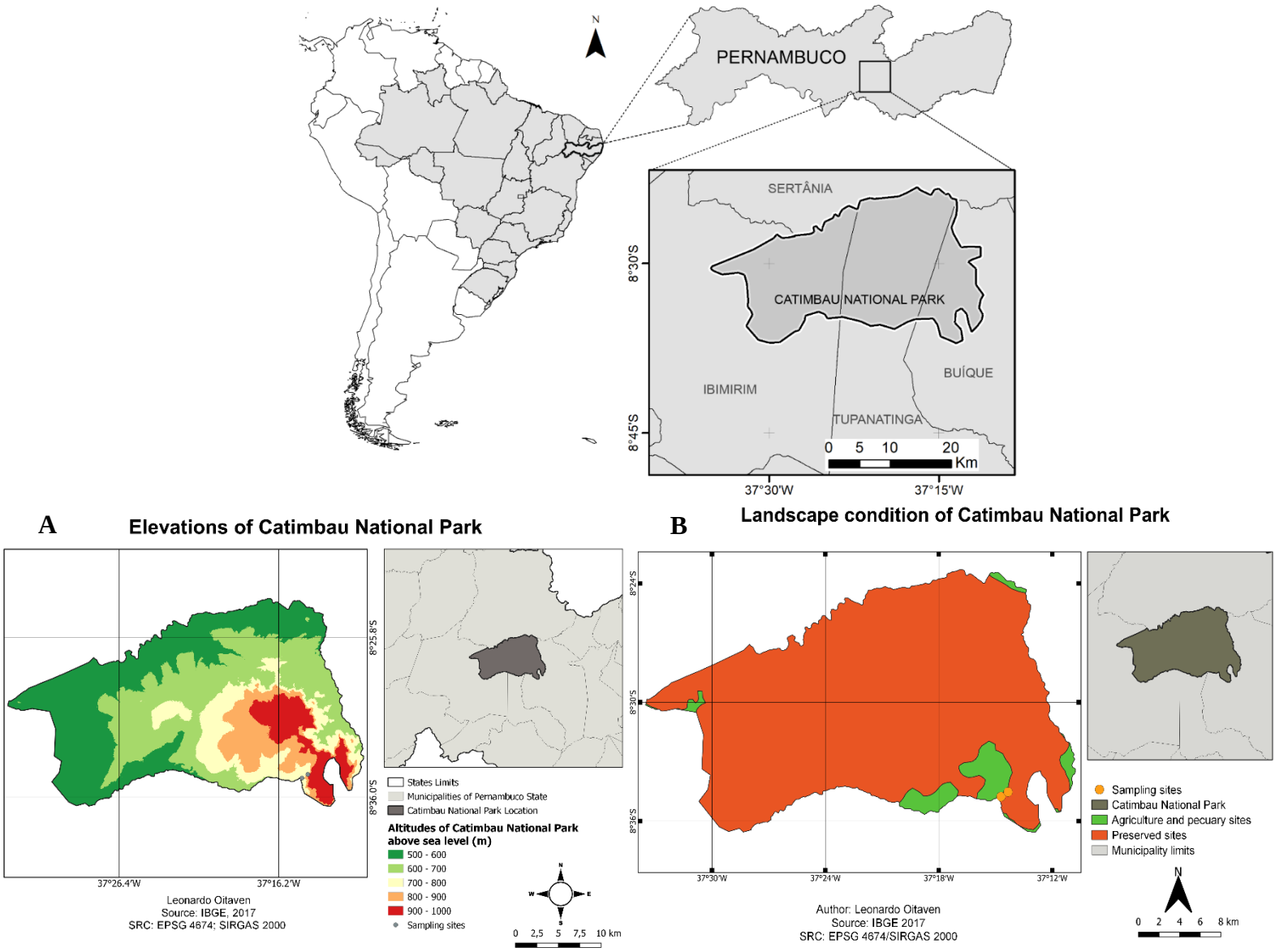

Figura 3. Localização do Parque Nacional do Catimbau no estado de Pernambuco, bem como municípios que fazem fronteira com a Unidade de Conservação. Representaçao da elevação da UC, considerando o nível do mar (A), e do uso do solo (B) na área interna da UC. Mapas: Alessandra Targino e Leonardo Oitaven.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Realizar uma análise, sobre nova perspectiva e condições, os quais incluem variação sazonal e cíclica, dos aspectos autoecológicos dessa espécie, para populações de Pernambuco em área de Caatinga.

Objetivos específicos:

- Registrar os micro-habitats utilizados por *G. geckoides*, considerando também a influência de fatores abióticos como sazonalidade (Baixa e elevada pluviosidade), Temperatura e umidade, bem como bióticos como sexo e estágio de maturação do indivíduo.

- Analisar a dieta da população de *G. geckoides* estudada, identificando os tipos de presas consumidas, grau de importância, e níveis energéticos das mesmas. Verificar influência da sazonalidade, sexo e tamanho corpóreo dos indivíduos sobre a dieta.

- Identificar os parâmetros da relação Parasito-Hospedeiro da população de *G. geckoides* no Parque nacional do Catimbau, além de verificar a influência da sazonalidade, presas ingeridas e morfologia do hospedeiro sobre as intensidades de infecção dos parasitos encontrados.

- Verificar a atividades dos ciclos energéticos e reprodutivo de *G. geckoides*. Analisar mudanças das condições corpóreas e maturação de células reprodutivas considerando influência de fatores bióticos e abióticos (Temperatura, precipitação e umidade).

- Elaborar processo de modelagem e distribuição da espécie em determinadas localidades do Parque Nacional do Catimbau, utilizando intercruzamento de dados obtidos em coletas feitas em diferentes localidades, juntamente com a sazonalidade e condições de elevação (nível do mar).

HIPÓTESES

a) Estudos prévios definem *G. geckoides* como um lagarto generalista, do tipo senta-espera, podendo ingerir alimentos diversos, independente do tamanho corpóreo. Considerando um domínio altamente sazonal como a Caatinga, a disponibilidade de presas no ambiente tende a variar ao longo do ano, devido às mudanças climáticas, bem como mudanças na conformação de paisagens. Essa situação, por sua vez, pode gerar mudanças na ecologia trófica da espécie em estudo, considerando o tipo, número e volume de presas ingeridas. Portanto, a partir de estudos atualizados sobre ecologia trófica, é possível realizar comparações com estudos prévios em outras populações no estado de Pernambuco, revelando mudanças nas características autoecologicas da espécie, juntamente com variações na dieta causada pela sazonalidade e/ou antropização do ambiente.

b) Lagartos tendem a apresentar uma fauna parasitária diversificada, sejam endo ou ectoparasitos, os quais tendem a revelar distintos parâmetros de infecção na relação Parasito-Hospedeiro. Esses parâmetros são de grande valia para determinação do grau da relação apresentada entre Parasito e Hospedeiro. Finalmente, a influência ambiental pode determinar reogarnização do nível de agregação dos parasitos, revelando mudanças de acordo com a sazonalidade, tipos de presas ingeridas e disponibilidade de recursos do hospedeiro. Portanto, nós acreditamos que o presente estudo pode revelar novos registros de *G. gekcoides* como hospedeiro de determinadas espécies de parasitos, além de incluir o Parque Nacional do Catimbau como nova localidade de ocorrência para os prasitos encontrados. Finalmente, considerando que o os parâmetros podem ser influenciados por fatores bióticos e abióticos, nos acreditamos que variações sazonais, bem como dieta e morfologia do hospedeiro, podem influenciar de forma direta a intensidade de infecção do hospedeiro.

c) De acordo com estudos prévios, lagartos em ambientes sazonais tendem a apresentar atividade reprodutiva do tipo acíclica, sem interrupções. Em *G. gekoides* o processo de cópula tende a ocorrer, de forma mais constante, como

visto para outros lagartos do grupo Gecko, durante o período de menor precipitação, enquanto a gestação ocorre, com maior frequência durante o período de maior precipitação. Essa situação pode ser altamente correlacionada aos parâmetros ambientais, os quais proporcionam melhores condições para o processo reprodutivo em diferentes fases, incluindo a disponibilidade de recursos presentes no ambiente, devido ao aumento da precipitação.

d) Estudos prévios indicam que *G. geckoides* é capaz de utilizar uma ampla variedade de microhabitats, indicando grande adaptabilidade da espécie à mudanças na conformação da paisagem. Portanto, o processo de modelagem reforça que a ocorrência da espécie está altamente vinculada à disponibilidade de microhabitats em cada tipo de ambiente analisado, assim como cada período do ano. Mediante o exposto, o processo de modelagem pode ser utilizado como uma ferramenta importante no estudo de distribuição de uma, ou mais, espécies de vertebrados no ambiente, revelando também condições de restrições ambientais para cada espécie analizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-ZINADAH, O.A. (2008). Variation in testicular histology of the spiny tailed lizard *Uromastyx aegiptius microlepis* during hibernation and activity periods. *Pakistan journal of biological science*, 11(12), 1615 – 1619.

ALBUQUERQUE, S., ÁVILA, R. W., e BERNARDE, P. S. (2012). Occurrence of Helminths in Lizards (Reptilia: Squamata) at Lower Moa River Forest, Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. *Comparative Parasitology*, *79*(1), 64-67.

ALCANTARA, E. P., FERREIRA-SILVA, C., GONÇALVES-SOUSA, J. G., MORAIS, D. H., e ÁVILA, R. W. (2019). Feeding ecology, reproductive biology, and parasitism of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 from a Caatinga area in Northeastern Brazil. *Herpetological Conservation and Biology*, *14*(3), 641-647.

ALMEIDA-GOMES, M., VRCIBRADIC, D., MAIA-CARNEIRO, T., e ROCHA, C. F. D. (2012). Diet and endoparasites of the lizard *Gymnodactylus darwinii* (Gekkota, Phyllodactylidae) from an Atlantic Rainforest area in southeastern Brazil. *Biotemas*, *25*, 203-206.

ANDERSON, R. C. (2000). Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission. Cabi.

ANDRADE, K.V.S.A, RODAL, M.J.N, 2004. Fisionomia e estrutura de um remanescente de floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do Brasil. Revista Brasil. Bot, 27(3), p.463-474.

ANJOS, L. A., BEZERRA, C. H., PASSOS, D. C., ZANCHI, D., GALDINO, B., e ALEKSANDER, C. (2011). Helminth fauna of two gecko lizards, hemidactylus agrius and lygodactylus klugei (gekkonidade), from caatinga biome, northeastern Brazil. *Neotropical Helminthology*, 5(2), 285-290.

ÁVILA, R. W., e SILVA, R. J. (2010). Checklist of helminths from lizards and amphisbaenians (Reptilia, Squamata) of South America. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, *16*(4), 543-572.

ÁVILA, R. W., e DA SILVA, R. J. (2011). Helminths of lizards (Reptilia: Squamata) from Mato Grosso State, Brazil. *Comparative Parasitology*, *78*(1), 129-139.

AVILA, R. W., SOUZA, F. L., e DA SILVA, R. J. (2010). Helminths from seven species of lizards (Reptilia: Squamata) at the Cerrado of Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Comparative Parasitology*, *77*(1), 67-71.

BERTRAND, M., KUKUSHKIN, O., POGREBNYAK, S. (2013). A new species of mites of the genus *Geckobia* (Prostigmata, Pterygosomatidae), parasitic on Mediodactylus kotschyi (Reptilia, Gekkota) from Crimea. *Vestnik zoologii*, *47*(2), 1-13.

BOLNICK, D.I., SVANBÄCK, R., FORDYCE, J.A., YANG, L.H., DAVIS, J.M., E HULSEY, C.D. (2003). The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. *Am. Nat.* 161, 1–28.

CARUCCIO, R., VIEIRA, R. C., VERRASTRO, L. (2010). Microhabitat use by *Cnemidophorus vacariensis* (Squamata: Teiidae) in the grasslands of the Araucaria Plateau, Rio Grande do Sul, Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 27(6), 902-908.

CARUCCIO, R., VIEIRA, R. C., VERRASTRO, L., e MACHADO, D. M. (2011). Thermal biology, activity, and population parameters of *Cnemidophorus vacariensis* (Squamata, Teiidae), a lizard endemic to southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, *101*(4), 283-295.

CARVALHO, A. L. G., e de ARAÚJO, A. F. B. (2004). Ecologia dos lagartos da Ilha da Marambaia, RJ. *Rev Univ Rural EDUR (Série Ciências da Vida, Seropédica)(Rio J).*, *24*(2), 159-165.

CARVALHO-ROCHA, V., LOPES, B. C., e NECKEL-OLIVEIRA, S. (2018). Interindividual patterns of resource use in three subtropical Atlantic Forest frogs. *Austral Ecology*, *43*(2), 150 – 158.

CASCIO, P., e CAPULA, M. (2011). Does diet in lacertid lizards reflect prey availability? Evidence for selective predation in the Aeolian wall lizard, *Podarcis raffonei* (Mertens, 1952)(Reptilia, Lacertidae). *Biodiversity Journal*, *2*, 89-96.

COLLI, G.R., MESQUITA, D.O., RODRIGUES, P.V.V., e KITAYAMA, K. (2003). Ecology of the gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical savanna. Journal of Herpetology, 37, 694–706.

CONDEZ, T. H., SAWAYA, R. J., DIXO, M. (2009). Herpetofauna dos remanescentes de Mata Atlântica da região de Tapiraí e Piedade, SP, sudeste do Brasil. *Biota neotropica*, *9*(1), 157-185.

COSTA, A., SALVIDIO, S., POSILLICO, M., MATTEUCCI, G., DE CINTI, B., ROMANO, A. (2015). Generalisation within specialization: inter-individual diet variation in the only specialized salamander in the world. *Scientific Reports*, *5*(1), 1 – 10.

COSTA, H. C., BÉRNILS, R. S. (2018). Répteis brasileiros: lista de espécies. *Herpetologia Brasileira*, *7*(3), 11–57.

DIAS, E. J., e ROCHA, C. F. (2004). Thermal ecology, activity patterns, and microhabitat use by two sympatric whiptail lizards (*Cnemidophorus abaetensis* and *Cnemidophorus ocellifer*) from northeastern Brazil. *Journal of herpetology*, *38*(4), 586-588.

DOBSON, A., LAFFERTY, K. D., KURIS, A. M., HECHINGER, R. F., e JETZ, W. (2008). Homage to Linnaeus: How many parasites? How many hosts?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(Supplement 1), 11482-11489.

DUNHAM, A.E., MILES, D.B., e REZNICK D.N. (1988). Life history patterns in squamate reptiles; p. 441-522. In: C. GANS & R.B. HUEY (Eds). Biology of The Reptilia. New York, Alan R. Liss, vol. 16.

FONTES, A. F., VICENTE, J. J., KIEFER, M. C., e VAN SLUYS, M. (2003). Parasitism by helminths in *Eurolophosaurus nanuzae* (Lacertilia: Tropiduridae) in an area of rocky outcrops in Minas Gerais state, southeastern Brazil. *Journal of Herpetology*, *37*(4), 736-741.

GALDINO, C. A., ASSIS, V. B., KIEFER, M. C., e VAN SLUYS, M. (2003). Reproduction and fat body cycle of *Eurolophosaurus nanuzae* (Sauria; Tropiduridae) from a seasonal montane habitat of southeastern Brazil. *Journal of Herpetology*, *37*(4), 687-694.

GARDA, A. A., COSTA, G. C., FRANÇA, F. G., GIUGLIANO, L. G., LEITE, G. S., MESQUITA, D. O. VITT, L. J. (2012). Reproduction, body size, and diet of *Polychrus acutirostris* (Squamata: Polychrotidae) in two contrasting environments in Brazil. *Journal of Herpetology*, *46*(1), 2-8.

GARDA, A.A, de MEDEIROS, P.H.S, LION, M.B, DE BRITO, M.R.M, VIEIRA, G.H.C, e MESQUITA, D.O, 2014. Autoecology of *Dryadosaura nordestina*

(Squamata: Gymnophthalmidae) from Atlantic forest fragments in Northeastern Brazil. Zoologia, 31(5), 418–425.

GARDNER, T.A. BARLOW, J. e PERES, C.A. Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: The importance of habitat change for amphibians and reptiles, 2007. Biol. Conserv., 138, 166-179.

HAINES, M. L., MELVILLE, J., SUMNER, J., CLEMANN, N., CHAPPLE, D. G., STUART-FOX, D. (2016). Geographic variation in hybridization and ecological differentiation between three syntopic, morphologically similar species of montane lizards. Molecular ecology, 25(12), 2887-2903.

HATCHER, M. J., DICK, J. T., e DUNN, A. M. (2012). Diverse effects of parasites in ecosystems: linking interdependent processes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *10*(4), 186-194.

HERREL, A., VANHOOYDONCK, B., IRSCHICK, D.J. (2003). Ontogeny of head shape, bite performance and diet in the Jamaican lizard *Anolis lineatopus*. *Integrative and Comparative Biology*, 43, 1077.

HERREL, A., JOACHIM, R., VANHOOYDONCK, B., IRSCHICK, D.J. (2006). Ecological consequences of ontogenetic changes in head shape and bite performance in the Jamaican lizard *Anolis lineatopus*. *Biological Journal of The Linnean Society*, 89, 443–454.

HUEY, R. B., PIANKA, E. R., e SCHOENER, T. W. (1983). *Lizard ecology: studies of a model organism*. Harvard Univ Pr.

HUYGHE, K., VANHOOYDONCK, B., SCHEERS, H., MOLINA-BORJA, M., e VAN DAMME, R. (2005). Morphology, performance and fighting capacity in male lizards, *Gallotia galloti*. Functional Ecology, 19(5), 800-807.

JAFFE, A. L., CAMPBELL-STATON, S. C., LOSOS, J. B. (2016). Geographical variation in morphology and its environmental correlates in a widespread

North American lizard, *Anolis carolinensis* (Squamata: Dactyloidae). Biological journal of the Linnean Society, 117(4), 760-774.

KRYSKO, K. L., ENGE, K. M., DONLAN, E. M., SEITZ, J. C., e GOLDEN, E. A. (2007). Distribution, natural history, and impacts of the introduced green iguana (*Iguana iguana*) in Florida. *Iguana*, *3*, 2-17.

LOZANO, A., RAMÍREZ-BAUTISTA A., URIBE, M. C. (2014). Oogenesis and Ovarian Histology in Two Populations of the Viviparous Lizard Sceloporus grammicus (Squamata: Phrynosomatidae) From the Central Mexican Plateau. *Journal of Morphology*, 275: 949 – 960.

LOZANO, A., URIBE, M. C., RAMÍREZ-BAUTISTA A. (2015). Seasonal and continuous spermatogenesis in the viviparous lizard *Sceloporus grammicus*, a study of two populations in contrasting environments from the Central Mexican Plateau. *Zoologischer Anzeiger*, 254, 72 – 85.

LYRA-NEVES, R.M, TELLINO-JUNIOR, W.R, DIAS, M.M, JUNIOR, S.M.A, 2004. Primeiro registro de *Myarchius tuberculifer* (Lafresnaye & d'Orbigny) (Aves, Tyrannidae) para o Estado de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 21(2), 405-407.

MARCH, W. A., e WATSON, D. M. (2007). Parasites boost productivity: effects of mistletoe on litterfall dynamics in a temperate Australian forest. *Oecologia*, *154*(2), 339-347.

MENEZES, V. A., AMARAL, V. C., SLUYS, M. V., e ROCHA, C. F. D. (2006). Diet and foraging of the endemic lizard *Cnemidophorus littoralis* (Squamata, Teiidae) in the restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ. *Brazilian Journal of Biology*, *66*(3), 803-807.

MESQUITA, D. O., e COLLI, G. R. (2010). Life history patterns in South American tropical lizards. *Reproducción en reptiles: morfología, ecología y evolución*, 45-71.

MESQUITA, D. O., COLLI, G. R., FRANÇA, F. G., e VITT, L. J. (2006). Ecology of a Cerrado lizard assemblage in the Jalapão region of Brazil. *Copeia*, *2006*(3), 460-471.

MESQUITA, D.O, COSTA, G.C, FIGUEIREDO, A.S, FRANÇA, F.G.R, GARDA, A.A, SOARES, A.H.B, TAVARES-BASTOS, L, VASCONCELLOS, M.M, VIEIRA, G.H.C, VITT, L.J, WERNECK, F.P, WIEDERHECKER, H.C, e COLLI, G.R, (2015). The autecology of *Anolis brasiliensis* (Squamata, Dactyloidae) in a Neotropical Savanna. Herpetological Journal, 25, 233-244.

MESQUITA. D. O., e COLLI, G. R. (2003). The ecology of *Cnemidophorus ocellifer* (Squamata, Teiidae) in a neotropical savanna. *Journal of Herpetology*, *37*(3), 498-509.

MEYERS, J. J., HERREL, A., e NISHIKAWA, K. C. (2006). Morphological correlates of ant eating in horned lizards (Phrynosoma). *Biological Journal of the Linnean Society*, *89*(1), 13-24.

MUNIZ, K. P., GIARETTA, A. A., SILVA, W. R., e FACURE, K. G. (2008). Autoecology of *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae) in an area of Cerrado in southeast of Brazil. Iheringia. Série Zoologia, 98(2), 254-259.

NORVAL, G., SLATER, K., BROWN, L.R., MAO, J., GOLDBERG, S.R. (2019). Interrelation of Fat Body Mass, Liver Mass, and Environmental Parameters on the Reproductive Cycle of the Brown Anole (*Anolis sagrei*), an Introduced Lizard in Taiwan. *Herpetological conservation and biology*, 14(1), 67 – 79.

OITAVEN, L. P. C., DA SILVA RIBEIRO, F., DE MOURA, G. J. B., e DE OLIVEIRA, J. B. (2019). Parasites of *Gymnodactylus darwinii* Gray, 1845 (Squamata, Phyllodactylidae) from an Atlantic Rainforest fragment. *Acta tropica*, *192*, 123-128.

OLIVEIRA, B. H. S. D., e PESSANHA, A. L. M. (2013). Microhabitat use and diet of *Anotosaura vanzolinia* (Squamata: Gymnophthalmidae) in a Caatinga area, Brazil. *Biota Neotropica*, *13*(3), 193-198.

PINTO, L. P., BEDÊ, L., PAESE, A., FONSECA, M., PAGLIA, A., LAMAS, I. (2006). Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. *Biologia da conservação: essências. São Carlos: RiMa*, 91-118.

PAULISSEN, M. (1987). Optimal foraging and intraspecific diet differences in the lizard *Cnemidophorus sexlineatus*. *Oecologia*, 71(3), 439 – 446.

PRIMACK, R. B. e RODRIGUES, E. Biologia da conservação, 2001. Londrina: E. RODRIGUES, 328p.

QUIROZ-GUTIÉRREZ, C. G., PAREDES-LEÓN, R., ROLDÁN-RODRÍGUEZ, J., PÉREZ, T. M. (2015). Dos especies nuevas de ácaros de los géneros *Geckobia* y *Bertrandiella* (Acari: Prostigmata: Pterygosomatidae) ectoparásitos del gecko endémico *Phyllodactylus microphyllus* (Squamata: Phyllodactylidae) del cerro Campana, La Libertad, Perú. *Revista mexicana de biodiversidad*, *86*(2), 310-318.

RAMÍREZ-BAUTISTA, A., BALDERAS-VALDIVIA, C., e VITT, L. J. (2000). Reproductive ecology of the whiptail lizard *Cnemidophorus lineatissimus* (Squamata: Teiidae) in a tropical dry forest. *Copeia*, *2000*(3), 712-722.

RODRIGUES, S. D. A., e SHIMIZU, R. M. (2010). Autoecology of *Callichirus major* (Say, 1818). Oecologia Australis, 3(1), 155-170.

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, P., MOLINA-BORJA, M., RAMÍREZ-PINILLA, M. P. (2013). Annual Reproductive Cycle in the Scincid Lizard Chalcides viridanus from Tenerife, Canary Islands. *Current Herpetology*, *38*(2), 170-181.

SANTANA, D. O. (2011). Utilização do microhábitat e comportamento de duas espécies de lagartos do gênero *Tropidurus* numa área de Caatinga no Monumento Natural Grota do Angico. *Scientia Plena*, *7*(4), 1-9.

SERRANO-CARDOZO, V.H., RAMÍREZ-PINILLA, M.P., ORTEGA, J.E., CORTES, L.A. (2007). Annual reproductive activity of *GonatodesAlbogularis*

(Squamata: Gekkonidae) living in an anthropicarea in Santander, Colombia. *South American JournalofHerpetology 2(1)***,** 31-38.

e SILVA, V. D. N., e ARAÚJO, A. F. B. (2008). *Ecologia dos lagartos brasileiros*. Technical Books Editora.

SHERBROOKE, W. C. (1975). Reproductive cycle of a tropical teiid lizard, *Neusticurus ecpleopus* Cope, in Peru. *Biotropica*, 7(3),194-207.

DE SOUSA, P. A., e FREIRE, E. M. (2011). Thermal ecology and thermoregulatory behavior of *Coleodactylus natalensis* (Squamata: Sphaerodactylidae), in a fragment of the Atlantic Forest of Northeastern, Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, *28*(6), 693-700.

STEARNS, S.C. (1992). The Evolution of Life Histories. Oxford, Oxford University Press, 262p.

TEIXEIRA-FILHO, P. F., da ROCHA, C. F. D., e RIBAS, S. C. (2017). Aspectos da ecologia terminal e uso do habitat por *Cnemidophorus ocellifer* (Sauria: Teiidae) na restinga da Barra de Maricá, RJ. *Oecologia Australis*, *1*(1), 155-165.

TINKLE, D. W., WILBUR, H. M., e TILLEY, S. G. (1970). Evolutionary strategies in lizard reproduction. *Evolution*, *24*(1), 55-74.

TORKI, F. (2007). Reproductive cycle of the Snake-eyed Lizard *Ophisops elegans* Ménétriés, 1832 in western Iran. *Herpetozoa*, *20*, 57-66.

VAN SLUYS, M., ROCHA, C. F. D., VRCIBRADIC, D., GALDINO, C. A. B., e FONTES, A. F. (2004). Diet, activity, and microhabitat use of two syntopic *Tropidurus* species (Lacertilia: Tropiduridae) in Minas Gerais, Brazil. *Journal of Herpetology*, *38*(4), 606-611.

VARGENS, M. M., DIAS, E. J., e LIRA-DA-SILVA, R. M. (2008). Ecologia térmica, período de atividade e uso de microhabitat do lagarto *Tropidurus hygomi*

(Tropiduridae) na restinga de Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. *Boletim do museu de biologia Mello Leitão*, *23*, 143-156.

VIEIRA, G. H., WIEDERHECKER, H. C., COLLI, G. R., e BÁO, S. N. (2001). Spermiogenesis and testicular cycle of the lizard *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) in the Cerrado of central Brazil. *Amphibia-Reptilia*, *22*(2), 217-233.

VITT L.J, e CALDWELL JP. 2009. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. 3rd ed. Amsterdam: Academic Press.

VITT, L. J., AVILA-PIRES, T. C. S., ZANI, P. A., SARTORIUS, S. S., E ESPÓSITO, M. C. (2003). Life above ground: ecology of *Anolis fuscoauratus* in the Amazon rain forest, and comparisons with its nearest relatives. *Canadian Journal of Zoology*, *81*(1), 142-156.

VITT, L. J., E ZANI, P. A. (1998). Ecological relationships among sympatric lizards in a transitional forest in the northern Amazon of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, *14*(1), 63-86.

VITT, L. J., SARTORIUS, S. S., AVILA-PIRES, T. C. S., E ESPÓSITO, M. C. (2001). Life at the river's edge: ecology of *Kentropyx altamazonica* in Brazilian Amazonia. *Canadian Journal of Zoology*, *79*(10), 1855-1865.

VITT, L. J., SHEPARD, D. B., CALDWELL, J. P., VIEIRA, G. H. C., FRANÇA, F. G. R., e COLLI, G. R. (2007). Living with your food: geckos in termitaria of Cantão. *Journal of Zoology*, *272*(3), 321-328.

VITT, L. J., SOUZA, R. A., SARTORIUS, S. S., AVILA-PIRES, T. C. S., e ESPÓSITO, M. C. (2000). Comparative ecology of sympatric Gonatodes (Squamata: Gekkonidae) in the western Amazon of Brazil. *Copeia*, *2000*(1), 83-95.

WIEDERHECKER, H. C., PINTO, A. C., E COLLI, G. R. (2002). Reproductive ecology of *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) in the highly seasonal Cerrado biome of central Brazil. *Journal of Herpetology*, *36*(1), 82-91.

ANEXOS

Anexo A: Artigo publicado em periódico

Official journal website:
amphibian-reptile-conservation.org

Amphibian & Reptile Conservation
15(2) [General Section]: 59–71 (e284).

Herpetofauna of Marechal Newton Cavalcanti Instruction Center, a hotspot Atlantic Forest fragment in Pernambuco, north-eastern Brazil

Leonardo P.C. Oitaven, Danilo S. Barreto, Mariana M. de Assunção, José R. de O. Santos, Alan P. Araújo, *Geraldo J.B. de Moura

Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, BRAZIL

Citation: Oitaven LPC, Barreto DS, de Assunção MM, Santos JRO, Araújo AP, de Moura GJB. 2021. Herpetofauna of Marechal Newton Cavalcanti Instruction Center, a hotspot Atlantic Forest fragment in Pernambuco, north-eastern Brazil. *Amphibian & Reptile Conservation* 15(2) [General Section]: 59–71 (e284).

Copyright: © 2021 Oitaven et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [Attribution 4.0 International (CC BY 4.0): https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. The official and authorized publication credit sources, which will be duly enforced, are as follows: official journal title *Amphibian & Reptile Conservation*; official journal website: *amphibian-reptile-conservation.org*.

Accepted: 30 October 2020; **Published:** 26 August 2021

Anexo B: Artigo publicado em periódico

Taylor & Francis

Journal of Natural History

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: https://www.tandfonline.com/loi/tnah20

Nematodes of *Amphisbaena vermicularis* Wagler, 1824 (Squamata, Amphisbaenidae) from Brazilian Atlantic Forest remnants

Leonardo Pessoa Cabus Oitaven, Geraldo Jorge Barbosa de Moura, Felipe da Silva Ribeiro, Elizardo Batista Ferreira Lisboa & Jaqueline Bianque Oliveira

To cite this article: Leonardo Pessoa Cabus Oitaven, Geraldo Jorge Barbosa de Moura, Felipe da Silva Ribeiro, Elizardo Batista Ferreira Lisboa & Jaqueline Bianque Oliveira (2021) Nematodes of *Amphisbaena vermicularis* Wagler, 1824 (Squamata, Amphisbaenidae) from Brazilian Atlantic Forest remnants, Journal of Natural History, 55:19-20, 1227-1236, DOI: 10.1080/00222933.2021.1940337

To link to this article: https://doi.org/10.1080/00222933.2021.1940337

Published online: 21 Jul 2021.

Submit your article to this journal

View related articles

View Crossmark data

Anexo C: Short note publicado em periódico

Revista Ibérica de Aracnología, nº **36** (30/06/2020): 150–152.
Grupo Ibérico de Aracnología (S.E.A.). ISSN: 1576 - 9518.

NOTAS CIENTÍFICAS
http://www.sea-entomologia.org

Predation of a pseudoscorpion (Pseudoscorpiones, Olpiidae) by *Gymnodactylus geckoides* (Squamata, Phyllodactylidae) in a Brazilian seasonal tropical dry forest

André Felipe de Araujo Lira[1], Edwin Bedoya-Roqueme,[2,3] Leonardo Pessoa Cabus Oitaven[1,4], Geraldo Jorge Barbosa de Moura [1,4,5] & Everton Tizo-Pedroso[2*]

[1] Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Tropical, Recife, Pernambuco, Brazil.
[2] Universidade Estadual de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais do Cerrado, RENAC, Anápolis, Goiás, Brazil.
[3] University of Cordoba, Research Group on Marine and Coastal Biodiversity BIODIMARC. Study Group on Arachnology PALPATORES, Montería, Colombia.
[4] Universidade Federal Rural de Pernambuco, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos. Departamento de Biologia, Recife, Pernambuco, Brazil.
5 Universidade Federal Rural de Pernambuco Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Recife, Pernambuco, Brazil.
* Corresponding author: tizopedroso@gmail.com

Anexo D: Short comunication publicado em periódico

***GYMNODACTYLUS DARWINII* (Darwin's Gecko). EGGS and HATCHLINGS.** *Gymnodactylus darwinii* is a small lizard

Herpetological Review 50(1), 2019

LEONARDO PESSOA C. OITAVEN (e-mail: leocabus54@gmail.com), **FELIPE S. RIBEIRO**, Laboratório de Herpetologia e Paleoherpetologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: feliperibeiro.recife@gmail.com); **LEONARDO B. RIBEIRO**, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco, Brazil (e-mail: leonardo.ribeiro@univasf.edu.br); **GERALDO JORGE B. DE MOURA**, Departamento de Biologia, Laboratório de Herpetologia e Paleoherpetologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: geraldojbm@yahoo.com.br).

Anexo E: Short comunication publicado em periódico

***ERETMOCHELYS IMBRICATA* (Hawksbill Sea Turtle). EGG PREDATION.** We found three clutches of *Eretmochelys imbricata*

Herpetological Review 50(2), 2019

MANOEL LUIZ DO NASCIMENTO, **OZIMAN BARBOSA DA SILVA**, **ERIVALDO GOMES DA SILVA**, Integrante da NUMAR, ONG Núcleo de Meio Ambiente Renovável, Touros, Rio Grande do Norte, Brazil; **LEONARDO PESSOA CABUS OITAVEN**, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Ecologia-UFRPE, Recife, Pernambuco, Brazil; **GERALDO JORGE BARBOSA DE MOURA**, Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Ecologia-UFRPE, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal Tropical-UFRPE, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: geraldojbm@yahoo.com.br).

Anexo F: Short comunication publicado em periódico

GYMNODACTYLUS GECKOIDES. EGGS and HATCHLINGS.

Herpetological Review 50(3), 2019

UBIRATÃ F. SOUZA, Laboratório de Estudo Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: ubirataferreirasouza@gmail.com); **LEONARDO PESSOA C. OITAVEN** (e-mail: leocabus54@gmail.com) and **GERALDO JORGE B. DE MOURA**, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudo Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: geraldojbm@yahoo.com.br).

Anexo G: Short comunication publicado em periódico

GYMNODACTYLUS GECKOIDES. BEHAVIOR.

Herpetological Review 51(2), 2020

UBIRATÃ FERREIRA SOUZA, Laboratório de Estudo Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: ubirataferreirasouza@gmail.com); **PAULO EDUARDO SILVA BEZERRA**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil (e-mail: paullobezzerra@gmail.com); **LEONARDO PESSOA C. OITAVEN**, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudo Herpetológicos e Paleoherpetológicos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: leocabus54@gmail.com); **GERALDO JORGE B. DE MOURA**, Departamento de Biologia, Laboratório de Estudo Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil (e-mail: geraldojbm@yahoo.com.br).

Artigo submetido à revista: Herpetozoa (A3)

Trophic Ecology of *Gymnodactylus Geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) From A Caatinga Remnant, Northeastern Brazil

Leonardo P.C. Oitaven[1,*]; Juan S. Monrós[2,3]; Geraldo J. B. de Moura[1]

[1] Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171900 Recife, Pernambuco, Brazil.

[2] Laboratori d'Ecologia de Vertebrats Terrestres, Institut "Cavanilles" de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València, C/ Catedrático José Beltrán nº 2 E-46980, Paterna, València, Spain.

[3] Departament de Microbiologia i Ecologia, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50 E-46100, Burjassot, València, Spain.

[*]Corresponding author. e-mail: geraldo.jbmoura@ufrpe.br

Running title: Diet condiction of *Gymnodactylus geckoides* in Caatinga domain

Abstract: Lizards' diet, mainly composed of arthropods, can be affected by biotic and abiotic factors, also influencing the energy supply of dietary composition. The richness and abundance of many arthropod species can be influenced by environmental seasonality, especially in Caatinga due to the rainfall regimes. The present study aimed to describe aspects of the seasonal and morphological variation in the lizard *Gymnodactylus geckoides* diet and their energetical content. We collected 157 individuals (63 females, 68 males, and 26 juveniles) at the Catimbau National Park, Northeastern Brazil, of which 72 were analysed for the dry season and 59 for the rainy season. Our data indicates Isoptera as dominating prey in *G. geckoides* diet. Considering diet and the energetical content, the prey number, volume, and glycogen amount differed between seasons, displaying higher values during the dry season. Proteins and lipids did not show differences. The present study represents the first effort to understand variations on *G. geckoide*'s trophic ecology, considering the energetical content of the ingested prey and the influence of seasonality, sex, and morphology. Our results indicate that neotropical lizards tend to present high variation in the diet, especially regarding seasonal environments, revealing their needs and restrictions according to prey availability and environmental conditions.

Keywords: Prey composition; Prey selection; Biochemistry; Caatinga; Gecko.

Kurzfassung: Da die Vielfalt und die Häufigkeit vieler Arthropodenarten durch Umweltsaisonalität beeinflusst werden kann, insbesondere in Caatinga aufgrund der Niederschlagsverteilung, kann die Ernährung von Eidechsen nicht nur durch biotische Faktoren wie Morphologie, sondern auch durch abiotische Faktoren beeinflusst werden, die auch die Energiezufuhr von diätetischer Zusammensetzung beeinflussen. Die vorliegende Studie zielte darauf ab, Aspekte saisonaler und morphologischer Variationen in der Ernährung der Eidechse *Gymnodactylus geckoides* sowie ihren energetischen Inhalt zu beschreiben, wobei 157 Individuen (63 Weibchen, 68 Männchen und 26 Jungtiere) im Catimbau-Nationalpark im Nordosten Brasiliens gesammelt wurden, 72 davon in der Trockenzeit und 59 Tiere in der Regenzeit. Unsere Daten zeigen keinen sexuellen Dimorphismus bei *G. geckoides*, wobei Isoptera die Nahrung dominiert. Unter Berücksichtigung der Ernährung und des Energiegehalts unterschieden sich Beutezahl, Volumen und Glykogenmenge zwischen den Jahreszeiten und zeigten während der Trocken- und Regenzeit jeweils höhere Werte, während Proteine und Lipide keine Unterschiede zeigten. Die vorliegende Studie stellt den ersten Versuch dar, Variationen der trophischen Ökologie von *G. geckoides* zu verstehen, unter Berücksichtigung des Einflusses von Saisonalität, Geschlecht und Morphologie sowie des energetischen Inhalts der aufgenommenen Beute. Die vorliegende Studie weist auch auf ein hohe Variation in der Ernährung neotropische Eidechsen hin, insbesondere im Bezug auf saisonale Umgebungen, was ihre Bedürfnisse und Einschränkungen je nach Beuteverfügbarkeit und Umweltbedingungen aufzeigt.

Keywords: Beutezusammensetzung; Beuteauswahl; Biochemie; Geschlecht; Caatinga; Gecko.

Introduction

Ecological studies regarding diet using lizards as models have been contributed significantly for several theories, including community succession, evolutive process and behavioural patterns (Caughley 1985; Huey et al. 1986; Vitt and Pianka 1994), foraging and life history traits (Colli et al. 2003; Recoder et al. 2012), and comparative biology (Costa et al. 2008). Lizards could display ecological aspects influenced by seasons (Colli et al. 2003; Mamou et al. 2019), as well as variation in morphology and behaviour (Bock and von Wahlert 1965; Losos 1990), especially neotropical lizards, revealing real challenges to establish a life history' general model (Colli et al. 2003).

Studies in energetical support and trophic ecology areas are crucial to understanding evolutionary biology, natural history (Colli et al. 2003), and energy allocation (Franzini et al. 2019). Besides, the search for adequate nutrition represents a challenge for many lizard species, influencing individuals' physical condition (Cooper and Vitt 2002; Mamou et al. 2019). That search can be influenced by biotic factors, including morphometric differences between females and males (Bolnick et al. 2002; Bolnick et al. 2003), and by abiotic factors, including environmental changes (especially in seasonal environments) and food availability (Díaz and Carrascal 1993; Martins et al. 2008). For neotropical lizards inhabiting the Caatinga domain, the food availability seems to be highly associated with the unpredictable seasonality and the concentration of the highest precipitation levels in a few months, which is an essential resource for many arthropod orders and their reproduction (Nobre et al. 2008; Vasconcellos et al. 2010a; Vasconcellos et al. 2010b; Ferreira et al. 2013).

Studies concerning energy balance and stomach content revealing the number of available biochemical components (proteins, lipids and glycogen) are crucial to understanding evolutionary history traits and how ecological aspects could lead to dietary differences (Cooper and Vitt 2002; Pafilis et al. 2007). Most lizard species tend to be predators of small animals, including arthropods. However, many neotropical lizards remain poorly or non-studied concerning their dietary aspects, especially considering biochemical components.

Gymnodactylus geckoides is considered endemic from the Caatinga domain (Alcantara et al. 2019), and several studies have been reported its diet composition (Vitt 1995; Souza-Oliveira et al. 2017; Alcantara et al. 2019), a possible sexual dimorphism in the diet (Vitt 1986; Souza-Oliveira et al. 2017) and relationship with their morphology (Vitt 1995; Souza-Oliveira et al. 2017). Although there is recent data on *G. Geckoides'* diet and morphology, information from Caatinga remains restricted to the populations from Exú municipality, Pernambuco (Vitt 1986; Vitt 1995) and Aiuaba and Barro municipalities, Ceará (Alcantara et al. 2019). Besides, no study has considered energetical values of the ingested prey or seasonal variation on the species' diet, which could bring helpful information about their energetical needs and use of feeding resources in the environment.

Current studies have demonstrated adaptations in the lizard's feeding due to environmental seasonality and landscape changes, leading to variations in the number and volume of ingested prey (Amorim et al., 2017; Franzini et al. 2019; Mamou et al. 2019). The *G. geckoides* diet would thus vary seasonally and between sexes, considering

morphology, and the prey type, number, volume and energetical values. Therefore, the present study aims to describe and update the information on the trophic ecology of *G. geckoides*, considering a population from a Caatinga remnant at Pernambuco state, Northeast Brazil. We verified variation in the prey type, number, volume, and energetical values of stomach content, emphasising seasonal, morphological, and sex variation.

Material and methods

Study site

This study was performed in the Catimbau National Park (8°24'00" to 8°36'35" S and 37°09'30" to 37°14'40" W), a Protected Area (PA) created by a federal decree in 2002. Featuring conformations of the Caatinga Domain, it is inserted on the centre of Pernambuco, at the Ipanema Valley, encompassing the municipalities of Buíque, Ibimirim, and Tupanatinga (Ferreira et al. 2010) (Fig. 1). The PA presents approximately 62.300 ha, with altitude varying from 500 m to 1.000 m above sea level (ICMBio 2019). The local climate is semiarid and strongly seasonal, with annual precipitations between 0 to 256 mm, reaching the highest rain level from March to July (ICMBio 2019; INMET 2019). The landscape includes shrubby spineless vegetation, sandy soils, rock fields, and evergreen and deciduous forest (Sousa et al. 2012).

Lizards' collection and processing

Individuals were collected using an active search conducted monthly from September 2018 to August 2019 to record the seasonal variation of ecological patterns. The collected individuals were separated according to month, sex (female or male), and

age (adult, juvenile, or sexually immature). Sexual maturity was determined according to the gonads volume (< 0.1 mm^3 for ovaries and < 1 mm^3 for testicles) (Kolodiuk et al. 2010; Ragner et al. 2014). All individuals were submitted to a lethal injection of Ketamine (10 mg/Kg + 0.1 – 0.3 mg/Kg). Since climatic variations did not display significant variation during the years (from 2014 to 2019) (See supplementary file 1), the present study also considered animals previously captured in Catimbau National Park in 2014, provided by scientific collections (Herpetological Collection of the Federal University of Paraíba, UFPB).

After being euthanised, the following morphometric variables were recorded using a digital calliper (0.01 mm): snout-vent length (SVL), body width (BW; at the broadest point), body height (BH; at highest point), head height (HH; at highest point), head width (HW; at the broadest point), head length (HL; from the tip of the snout to the anterior margin of the ear-opening), tail length (TL; from cloaca to the tip of tail), forelimb length (FL; from the forepaw-body bond to the tip of lamella), hindlimb length (HLL; from the hind paw-body bond to the tip of lamella) (Colli et al. 2003). Tail length was excluded from the analyses since most individuals showed broken tails or earlier autotomy. All measurements were recorded before the dissection of the collected individuals to remove their stomach content through a longitudinal incision from throat to vent. The contents were analysed, and the preys were identified at the lower taxonomic level (Order). Then, some contents were separated by individual and stored in cooling to posterior biochemical analyses, while others were conserved in 70% Alcohol.

Stomach contents were submitted to biochemical tests to measure the total protein, lipid, and glycogen amount (Sönmez and Gülel 2008). The contents were macerated in 0.5 mL of sodium phosphate buffer (pH 7.2; 0.1 mM) and centrifuged at 3,000 × *g* for three minutes. 100 µL of the supernatant were removed from the resulting homogenates for protein measurement, and the remaining homogenates were centrifuged again for lipids and glycogens. The Bradford Method (Bradford 1976) and bovine serum albumin (BSA) were considered standards, with absorbance measured at 595 nm to determine the total protein amount. Using the van Handel method (Van Handel 1985 a, b), 200 µL of the homogenates were added with 200 µL of sodium sulphate and 800 µL of methanol and chloroform (1:1) and centrifuged at 3,000 × *g* for three minutes in each experiment. The precipitate was used for glycogen analysis, and the supernatant was transferred to a test tube for lipid analysis. Lipids were analysed spectrophotometrically using the sulfo-phospho-vanillin method, while glycogen contents were estimated by the anthrone-sulphuric acid method, with both absorbances measured at 625 nm. Stomach contents presenting results outside of their respective confidence intervals for protein (0.095–0.602µg/mL), lipid (0.039–0.603µg/mL), and glycogen (0.226–1.575 µg/mL) were excluded from analysis (Gasco et al. 2016). The results inserted on the confidence intervals were converted to cal/mg, using the dataset established by a calorimeter pattern. Individual collection and all procedures of the present study were authorised by the Animal Use Environmental Agency (SISBIO # 64455-1 and SISBIO # 29550-4) and Ethics Committee (CEUA UFRPE 123/2018).

Data analysis

The packages *corrplot* and *caret* were used for morphometric analyses and the package *mice* for missing data imputation (Van Buuren and Groothuis-Oudshoorn 2011; Penone et al. 2014;). We tested sexual dimorphism through an Analysis of Variance (ANOVA), and the highest correlated measurements (> 0.7) were excluded from the analysis (Tabachnick et al. 2001; Garda et al. 2014). The less correlated measurements were isolated and submitted to Multiple Correspondence Analysis (MCA), using the *FactorMineR* and *factoextra* packages. This analysis was performed to reveal distance and group overlap. All morphometric variables were log-transformed (base 10) before analyses to search for normality (Rohlf and Bookstein 1987). We also used ANOVA to test differences in morphology according to seasonality (Dry and rainy season) in females and males separately.

We recorded the length and width of prey from the stomach contents using a digital calliper (0.01 mm) when it was not too fragmented. Those measurements were used to estimate prey volume as an ellipsoid ($V = 4 / 3\pi (w / 2)^2 . (l / 2)$]. We calculated frequency, numeric and volumetric percentage, and the relative importance index (RII) for each prey category. Estimates considered individual stomachs (IIS = (%N + %V)/2) and pooled stomachs (IPS = (%N + %V+ %F)/3), where N is the numeric percentage, V is the volume pooled percentage, and F is the occurrence frequency.

The trophic niche diversity was calculated using standardised Levin's index (Ba). $Ba = (B – 1) / (n – 1)$, where (n) is the prey category and (B) represents Levin's index of niche breadth: $B = 1 / \Sigma pi^2$, being (P) each prey category proportion (i). Ba ranges from 0

to 1, with values close to '1' indicating generalised diet and values close to '0' specialised diet. The index is used to verify the overall diet diversity and differences between seasons, regarding the dry (Bads) and the rainy season (Bars) (Krebs 1999; Mamou et al. 2019). We calculated diet overlap between females and males and dry and rainy seasons. It was estimated through the numeric and volumetric niche overlap indices (Pianka, 1973) using the following formula in R package *spaa* (Zhang, 2013): OFM = OMF = ∑pMipFi/√(p2Mi) √(p2Fi), where pMi is the male proportion prey category I, and pFi the female proportion prey category i.

We used the individual-level diet variation index (E) to analyse the presence and measure the individual specialisation (IS) degree (Araujo et al. 2008). This index is based on network theory and quantifies the connections' average density, corresponding to the average dissimilarity among individuals (interindividual variation condition). The values of E could range from 0 (individuals with identical diets) to 1 (individuals with different diets), sharing diet components among different degrees. Due to stochastic sampling, individuals displaying similar diets may be captured by chance with different stomach content. The lower the number of consumed items, the greater the likelihood the individuals show different stomach content (Carvalho-Rocha et al. 2018).

We tested if IS was present for its correlation according to sex and seasonal variation, considering prey number. Based on the PCA component scores, we calculated a matrix (See supplementary file 2) of pairwise Euclidean morphological distances among all individuals. We also calculated the PS index, where pik and pjk represent the proportions of item category k in the diets of i and j individuals, respectively, to generate

a pairwise diet overlap matrix among individuals. Finally, the correlation between the diet overlap matrix and seasonal distance matrices was tested using a simple Mantel test (10000 simulations) (Araújo et al. 2007). We would expect a negative correlation between matrices of diet overlap and seasonal distances if functional seasonality affects individual diet, indicating that individuals collected in the same season (small Euclidean distances) also show similar diets (high diet overlap), regardless of sex.

A network analysis was performed aiming to describe resource patterns used by each individual. First, we built an individual resource matrix (R), with individuals in columns and resource categories in rows. Each element rij of R was filled with the number of ingested preys of resource j by individual i. From R, we depicted bipartite networks, comprising two sets of nodes (individuals and resource categories) and lines linking each individual to each of their consumed resources (Pires et al. 2011). Then, we described resource–sharing patterns between individuals testing for nestedness and modularity in the individual–resource networks. Nestedness consists in the network propriety, which indicates the presence of highly connected nodes and other less connected nodes that interact in most cases with only the highly connected subset of nodes (Guimarães et al. 2006). Here, nestedness would indicate how much of the most specialist diet represents a subset of the more generalist ones (Araujo et al. 2010; Pires et al. 2011). All those analyses were performed using the packages *ade4*, *bipartite* and *RInSp*.

Variances between sex and season were analysed considering individual stomachs regarding the number and volume of ingested prey (Garda et al. 2014). Generalised Linear Models (GLM) were performed using the number and volume of ingested prey as

predictive models to test variance between females and males and dry and rainy seasons. The GLM was used to avoid the difference between sampling months and, consequently, captured individuals (predator and prey), using *DHARMa* and *readxl* packages (Zuur et al. 2009). A Linear Regression test (r^2) was performed, using SVL as independent variables (Vitt 1995; Mesquita et al. 2015) to analyse the correlation between morphology and ingested prey volume.

We also compared the energetical content (proteins, lipids, and glycogen) between sexes (female and male) and seasons (dry and rainy) through a GLM analysis. Both factors (sex and season) were tested, considering proteins, lipids, and glycogen as variants to verify differences in the energetical content according to their interactions. The factors were tested simultaneously and separately to verify their influence on the energetical content values. The relationship between the number and volume of prey and energetical values was measured by Multiple Regression test (r^2) using protein, lipids, and glycogen as dependent variables to associate the condition of the overall stomach content (Mesquita et al. 2015). The statistical analyses were performed through the R program (v3.6.1 R Development Core Team 2019), and the individual resource networks were built in Pajek (<Networks / Pajek (uni-lj.si)>).

Results

A total of 83 individuals were collected throughout the sampling months, and other 74 were provided from scientific collections, totalling a sample size of 157 individuals, being 63 females (40.1%), 68 males (43.3%), and 26 juveniles (16.5%). The least correlated measures (HLL, HW, HL, HH, and BH) indicated a lack of significant

variance in morphology between *G. geckoides* sexes ($ANOVA_{2,129}$ F = 21.86, P = 0.74) (Table 1). The MCA analysis isolated juveniles from adult individuals and differentiated females and males as similar groups, with some individuals in a transition zone. All analysed groups presented low variation between individuals (Fig. 2), indicating that the sexual maturation stage is reached when SVL is above 34 mm for females and males. Regarding seasonality, ANOVA test did not reveal significant variance for both female ($ANOVA_{1,61}$ F = 32.70, P = 0.67) and male ($ANOVA_{1,66}$ F = 31.15, P = 0.15).

The Diet dataset was obtained from dissected stomachs of 131 individuals, being 56 females (42.7%), 66 males (50.3%), and nine juveniles (6.9%). Ten individuals (7.63%) displayed empty stomachs. Data on 1035 food items was compiled and classified in 18 different categories, representing 7.90 items/stomach. Diet was mainly composed of invertebrates (Insects and arachnids) with occasional mineral, sand, and vegetal sediments (Table 2). The most critical item was Isoptera, representing over two-thirds of the prey number, almost one-third of the prey frequency, and half of the prey volume. Coleoptera, Blattodea, and Orthoptera were always among the four most important categories, considering pooled and individual stomachs.

Considering pooled stomachs, Isoptera and Coleoptera were the most numerically and volumetrically significant, respectively. Both indices (iis and ips) revealed that half of *G. geckoide*'s diet comprised only termites. In addition, Levi's index indicated a low trophic niche breadth (Ba = 0.27), whereas the trophic breadth revealed higher values (Ba = 0.56) when excluding termites from these analyses. Regarding seasonality, niche breadth revealed a lower diversity during the dry season (Bads = 0.52) than the rainy

season (Bars = 0.68). Diet showed high volume (0.78) and frequency (0.96) overlap between sexes, as well as between seasons (volume = 0.70; frequency = 0.74), indicating similar items consumed by females and males.

We found low individual-level diet variation index values, indicating a similar diet between females and males, with lower variation in the dry season (E = 0.18) than the rainy season (E = 0.27). That index, as well as the Network analysis, indicated variation in IS according to seasonality, with females and males displaying a high frequency of termites' ingestion during the dry season and other prey types (Coleoptera, Araneae, Hymenoptera, and Orthoptera) being consumed in higher frequency during the rainy season (Fig. 3).

Regarding individual stomachs, the GLM did not reveal significant variation between sexes, for both prey number ($\beta \pm SE = -0.038 \pm 0.025$, $z = -1.509$, $p = 0.849$; females: 0.90 ± 1.11, males: 0.70 ± 0.97) and volume ($\beta \pm SE = 0.147 \pm 0.378$, $z = 0.389$, $p = 0.697$; females: 1.78 ± 2.21, males: 1.39 ± 2.17). Regarding seasonality, the GLM found significant variation in prey number ($\beta \pm SE = -0.150 \pm 0.047$, $z = -3.205$, $p < 0.001$; dry season: 1.29 ± 1.14, rainy season: 0.79 ± 0.69), and volume ($\beta \pm SE = 0.005 \pm 0.002$, $z = 1.833$, $p = 0.05$; dry season: 0.76 ± 0.41, rainy season: 1.02 ± 0.57). Therefore, both females and males keep the diet at similar proportions, with a greater number of preys consumed during dry season and higher volume during the rainy season. Prey volume, in turn, configured a positive and significant relation with SVL and HW, indicating that the individual's capacity for consumption of higher volumes increases with morphology. However, linear regression revealed weak relationship for SVL (R^2 = 0.03,

$F_{2,08}$ = 4.33, P = 0.03) and HW (R^2 = 0.05, $F_{2,53}$ = 6.48, P < 0.01), indicating randomness on prey ingestion by *G. geckoides*.

Forty-eight individuals were used for biochemical tests, with 24 analysed for the dry season (14 females and ten males) and 24 for the rainy season (13 females and 11 males). Regardless season and sex, the average protein was 0.15 ± 0.07 cal/mg (n = 37; range = 0.04 – 0.32); lipids 1.92 ± 1.59 cal/mg (n = 32; range = 0.36 – 6.19), and glycogen 3.54 ± 1.95 cal/mg (n = 35; range = 1.09 – 7.61). GLM test did not reveal significant variation for amounts of protein and lipid between sexes and seasons, indicating similar rates consumed between females and males and between dry and rainy seasons (Table 3). A slightly higher rate was recorded for proteins in females during the rainy season, while males displayed higher rates during the dry season (Fig. 4a). Regarding lipids, a slightly higher rate was recorded in females, for both seasons, with higher values obtained during the dry season (Fig. 4b). On the other hand, glycogen exhibited significant variance according to season, with greater amounts during the rainy season for both sexes (Table 3 and Fig. 4c).

Multiple regression tests showed positive results and a weak correlation between nutritional substances and stomach content rates. Proteins exhibited the highest correlation (45%; CI = 30.67; R^2 = 0.45), followed by glycogen (10%; CI = 5.23; R^2 = 0.10), and lipids (8%; CI = 0.67; R^2 = 0.08), with no correlation revealing significant variation (p > 0.05). Regarding prey type, we investigated reference values for four different morphotypes (Isoptera, Orthoptera, Coleoptera, and Lepidoptera larvae), which were found individually as stomach content. Despite presenting high Importance indexes,

Isoptera yielded three to five times less energy of protein content, three to ten times less energy in lipids, and three to five times less energy in glycogen than other prey types consumed at a lower frequency (Table 4).

Discussion

The results found in the present study reveals an absence of sexual dimorphism and seasonal variation of *G. geckoides* in Catimbau National Park, with half of the diet comprised of just a single prey type. Our results show individual-level diet variation patterns in *G. Geckoides* (Bolnick et al. 2002; Bolnick et al. 2003), implying more similar diets among individuals during the dry season than in the rainy season, which indicates an inconstant diet variation across the seasons (Martins et al. 2008). The present study also suggests that the energy balance in stomach content could be adjusted according to variations in prey number and volume consumed according to seasonality.

The present study investigated females and males with similar body measures regarding morphology. In lizards, sexual dimorphism could be related to different microhabitats, diet, and mating processes (Vitt et al. 2003; Mesquita et al. 2015; Franzini et al. 2019). It is not uncommon that *G. geckoides* females and males present similar morphology considering the high dietary overlap and similarities on microhabitat use (Vitt 1986; Vitt 1995) and gregarious distribution records during fieldwork. The present study also showed sexually mature individuals above 32 mm. According to Vitt (1986), the sexually mature individuals reached maturation after 38 mm (SVL) in the Caatinga remnant of Exu municipality, Pernambuco, considering the presence of eggs in females. Despite the low number of gravid females in the present study, it was recorded females

above 44 mm carrying eggs, reinforcing that the Caatinga domain is not a homogeneous environment and indicating that sexually mature individuals could wait for better resources availability and environmental conditions to start the mating process (Vitt 1986; Mamou et al. 2019). The lack of morphological variation between seasons in *G. geckoides* also indicates that the availability of food resources in Catimbau National Park is sufficient to allow similar growth between individuals (Serrano-Cardozo et al. 2007) since this species seems to display acyclic and continuous reproduction (Vitt 1986; Vitt 1992; Alcantara et al. 2019).

According to the trophic ecology, it was possible to verify low diversity, such as high overlap on the *G. geckoides* population trophic breadth at Catimbau National Park. This situation is reflected in the disproportional termite representation in pooled or individual stomachs. Termites constitute a prominent insect suborder, mainly in semiarid domains like Caatinga (Vitt 1995; Vasconcellos et al. 2010a) and Cerrado (Colli et al. 2003; Amorim et al. 2017), which tends to facilitate nests' construction (90 nests by hectare – Caatinga) (Vasconcellos et al. 2010a; Souza-Oliveira et al. 2017). In addition, termites are usually found in rocky outcrops and microhabitats with a high concentration of organic material like leaf litter, shrubs, and fallen trunks (Colli et al., 2003; Vasconcellos et al., 2010a). Since such microhabitat is likely to be occupied by *G. geckoides*, it is not surprising that a large number and volume of termites are included in their diet (Vitt 1995; Colli et al. 2003).

Other prey types with high importance Index could be associated with the *G. geckoides* foraging habit related to prey availability (Díaz and Carrascal 1993; Alcantara

et al. 2019). The ingestion of those prey types indicates that *G. geckoides* present a sit-and-wait foraging tactic, spending most of the time waiting until preys get closer (Vitt 1995; Mamou et al. 2019; Baker et al. 2021). Therefore, arthropods with high or restricted mobility, such as Coleoptera, Blattaria, and insect larvae, tend to be captured by this lizard, characterising an opportunistic behaviour. Such behaviour is led by the prey availability in the environment (Vitt and Colli 1994; Oliveira and Pessanha 2013; Alcantara et al. 2019; Baker et al. 2021), which seems to vary according to climate and landscape conformation changes (Vasconcelos et al. 2010a; Vasconcelos et al. 2010b; Ferreira et al. 2013).

The present study indicates a variation in *G. geckoides* behaviour (Bolnick et al. 2002; Desfilis and Font 2002). Individuals tend to be more proactive during the dry season, searching more intensely for termites' nests, a more guaranteed feeding source due to the lack of other prey types. On the other hand, as long as the food availability increases with rainfall levels, *G. geckoides* seem to display a stationary behaviour, often capturing different prey types (Martins et al. 2008). Those variations on feeding habits seem to help *G. geckoides* remain adaptable to environmental changes, mainly considering prey availability (Desfilis and Font 2002). According to prey type ingested, our results corroborate with previous studies involving neotropical lizards inhabiting seasonal environments, including *G. amaralli* (Colli et al. 2003; Amorim et al. 2017); other populations of *G. geckoides* (Vitt 1995; Souza-Oliveira et al. 2017), *Ameiva ameiva* (Vitt and Colli 1994), *Tropidurus semitaeniatus* and *T. hispidus* (Kolodiuk et al. 2010), *Polychrus acutirostris* (Garda et al. 2012), and *Anotosaura vanzolinia* (Oliveira and Pessanha 2013).

We also revealed significant variations in prey number and volume in stomach content according to the season. Predation of small social arthropods is generally advantageous for lizards because it represents a good food option to obtain energy (Oliveira and Pessanha 2013; Souza-Oliveira et al. 2017; Alcantara et al. 2019). For *G. geckoides*, the energy difference seems to be offset by both prey number and volume ingested, which is evidenced by the increase of prey number and decrease of volume consumption during the dry season, whereas the volume and diversity of prey consumed increases during the rainy season (Vitt et al. 2001; Mamou et al. 2019). Hence, as the landscape conformation changes at seasonal environments, mainly due to increased rainfall levels, some arthropod orders also proliferate (Nobre et al. 2008; Ferreira et al. 2013), turning into better predation opportunities for *G. geckoides*. The lack of differences in niche breadth between sexes could be associated with the lack of sexual dimorphism, related to gregarious social behaviour, similarity in microhabitat use, and foraging tactics, which keeps prey variation similar between sexes (Vitt 1995; Franzini et al. 2019). This situation also tends to be explained by the biochemical tests performed in the present study.

The biochemical tests allowed the description of the average protein, lipid, and glycogen available in stomach content from sexually mature *G. geckoides* individuals. In addition, it was possible to establish a primary nutritional value from some prey types individually. Our results indicate that protein and lipids levels do not vary significantly considering sex and seasonality. On a progressive scale, glycogen will be firstly metabolised, liberating glucose in its absence. Then, lipids will be released for energetic metabolism, generating an ecological cause and effect cycle (Karasov and Martinez Del

Rio 2007; Pafilis et al. 2007). Since sugar absorption constitutes a temperature-sensitive process, which increases at higher temperatures (Berne and Levy 1996), sugar–digesting enzymes seem to show higher activity during the dry season, which presents warmer environments at the Caatinga domain (Pafilis et al. 2007). It also seems associated with higher energy demand for the lizards due to the termites' nest search. In addition, the higher ingestion of energetically advantageous prey and higher volume during the rainy season can lead to a later digestion and glycogen absorption (Souza-Oliveira et al. 2017; Alcantara et al. 2019).

Once *G. geckoides* is classified as a sit–and–wait forager (Vitt 1995; Alcantara et al. 2019), individuals tend to spend little energy to capture prey, being more selective according to prey availability (Díaz and Carrascal 1993; Vitt 1995). In this sense, the rainy season presents higher availability of energetically advantageous prey (Souza-Oliveira et al. 2017; Alcantara et al. 2019). On the other hand, lipids and proteins constitute stable organic compounds consumed at similar rates in both seasons, possibly used at a lower frequency compared to glycogen. Our records of isolated prey indicate that one or two units of prey like Orthoptera and Lepidoptera larvae may yield the same calories from nutritional substances of about 5 to 11 units of other prey types like termites, reinforcing theories about energetically and non–energetically advantageous preys (Costa et al. 2008; Souza-Oliveira et al. 2017).

According to Vitt (1995), the *G. geckoides* diet was mainly composed of termites and a few other prey types. Therefore, this lizard seems to keep a similar prey composition in the diet. In addition, the present study represents the first effort to understand the

energetical values presented in the *G. geckoides* stomach content, added to the first effort to describe morphology and trophic ecology for this species in the Catimbau National Park. The present study also reinforces the importance of more definitive studies using lizards and other vertebrates as models to understand energetical needs in several populations. The lack of this information for Brazilian species makes it impossible to perform accurate comparisons between lizards regarding energetical values of stomach content.

Acknowledgments

Authors would like to thank everyone who participated in the sampling field, and to Programas de Ecologia de Longa Duração (PELD) coordinators, to release the use of their base in the Catimbau area. In addition to the financial organ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for the scholarship to this study, and to permissions expedition center Instituto Chico Mendes de Biologia (ICMBio), to release our authorization to collect individuals for the present study. G.J.B.M. e D.O.M. thanks CNPq for his research fellowship (Pq 1D).

References

Alcantara EP, Ferreira-Silva C, Gonçalves-Sousa JG, Morais DH, Ávila RW (2019) Feeding ecology, reproductive biology, and parasitism of *Gymnodactylus geckoides*Spix, 1825 from a Caatinga area in Northeastern Brazil. Herpetological Conservation and Biology 14(3): 641 – 647. https://doi.org/ 11449/196450.

Almeida-Gomes M, Vrcibradic D, Maia-Carneiro T, Rocha CFD (2012) Diet and endoparasites of the lizard *Gymnodactylus darwinii* (Gekkota, Phyllodactylidae) from an

Atlantic Rainforest area in southeastern Brazil. Biotemas 25(1): 203 – 206. https://doi.org/10.5007/2175-7925.

Araújo MS, Reis SF, Giaretta AA, Machado G, Bolnick DI (2007) Intrapopulation diet variation in four frogs (Leptodactylidae) of the Brazilian Savannah. Copeia 2007(4): 855–65. https://doi.org/10.1643/0045-8511.

Araújo MS, Guimaraes Jr PR, Svanbäck R, Pinheiro A, Guimarães P, Reis SFD, Bolnick DI (2008) Network analysis reveals contrasting effects of intraspecific competition on individual vs. population diets. Ecology 89(7): 1981 – 1993. https://doi.org/10.1890/07-0630.1.

Araújo MS, Martins EG, Cruz LD, Fernandes FR, Linhares AX, Reis SF, Guimaraes Jr PR (2010) Nested diets: a novel pattern of individual-level resource use. Oikos 119(1): 81 – 88. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.

Berne RM, Levy MN (1996) Principles of physiology. Mosby-Year Book Inc, New York.

Bolnick DI, Yang LH, Fordyce JA, Davis JM, Svanback R (2002) Measuring individual – level resource specialization. Ecology 83(10): 2936–2941. https://doi.org/10.1890/0012-9658.

Bolnick DI, Svanback R, Fordyce JA, Yang LH, Davis JM, Hulsey CD, Forister ML (2003) The ecology of individuals: Incidence and implications of individual specialization. Am. Nat. 161(2003): 1–28. https://doi.org/0003-0147/2003/16101-010277.

Carvalho-Rocha V, Lopes BC, Neckel-Oliveira S (2018) Interindividual patterns of resource use in three subtropical Atlantic Forest frogs. Austral Ecology 43(2): 150 – 158. https://doi.org/10.1111/aec.12552.

Caughley J (1985) Effect of fire on the reptile fauna of mallee. In: Grigg, G., Shine, R., Ehmann, H. (Eds.), Biology of Australasian frogs and reptiles. Royal Zoological Society of NSW and Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, NSW, pp. 31–34.

Colli GR, Mesquita DO, Rodrigues PV, Kitayama K (2003) Ecology of the gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical savanna. Journal of Herpetology 37(4): 694 – 706. https://doi.org/10.1670/180-02A.

Cooper WE, Vitt LJ (2002) Distribution, extent, and evolution of plant consumption by lizards. Journal of Zoology 257(4): 487–517. https://doi.org/10.1017/S0952836902001085.

Costa GC, Vitt LJ, Pianka ER, Mesquita DO, Colli GR (2008) Optimal foraging constrains macroecological patterns: body size and dietary niche breadth in lizards. Global Ecology and Biogeography 17(5): 670 – 677. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00405.x.

Desfilis E, Font E (2002) Efectos de la experiencia sobre el comportamiento depredador de los reptiles. Rev. Esp. Herpetol 2002: 79–94.

Díaz JA, Carrascal LM (1993) Variation in the effect of profitability on prey size selection by the lacertid lizard *Psammodromus algirus*. Oecologia 94: 23–29. https://doi.org/10.1007/BF00317296.

Ferreira B (2010) A região semi – árida nordestina: utilização de dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. Ciência e Natura 32(1):143–158. https://doi.org/10.5902/2179460X9503.

Franzini LD, TeixeiraAAM, Tavares-BastosL, VittLJ, MesquitaDO (2019) Autecology of *Kentropyx calcarata* (Squamata: Teiidae) in a RemnantofAtlantic Forest in Eastern South America. Journal of Herpetology 53(3): 209 – 217. https://doi.org/10.1670/17-184.

Garda AA, Costa GC, França FG, Giugliano LG, Leite GS, Mesquita DO, Vitt LJ (2012) Reproduction, body size, and diet of *Polychrus acutirostris* (Squamata: Polychrotidae) in two contrasting environments in Brazil. Journal of Herpetology 46(1): 2 – 9. https://doi.org/10.1670/10-288.

Garda AA, Wiederhecker HC, Gainsbury AM, Costa GC, Pyron RA, Calazans Vieira GH, Colli GR (2013) Microhabitat variation explains local scale distribution of terrestrial amazonianlizards in Rondônia, Western Brazil. Biotropica 45(2): 245 – 252. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00906.x.

Garda AA, Medeiros PH, Lion MB, Brito MR, Vieira GH, Mesquita DO (2014) Autoecology of *Dryadosaura nordestina* (Squamata: Gymnophthalmidae) from Atlantic

Forest fragments in northeastern Brazil. Zoologia (Curitiba) 31(5): 418 – 425. http://doi.org/10.1590/S1984-46702014000500002.

Gasco L, Henry M, Piccolo G, Marono S, Gai F, Renna M, Chatzifotis S (2016) Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. Animal Feed Science and Technology 220: 34 – 45. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.07.003.

Guimaraes Jr PR, Rico-Gray V, Furtado SR, Thompson JN (2006) Asymmetries in specialization in ant–plant mutualistic networks. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 273(1597): 2041 – 2047. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3548.

Huey RB, PiankaER, SchoenerTW (1983) Lizard Ecology: Studies of a Model Organism. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA. 501 pp.

ICMBio (2019) Parque Nacional do Catimbau. Parna do Catimbau — Português (Brasil) (www.gov.br) (last acess at 12/09/2019).

INMET (2019)Instituto Nacional de Meteorologia.Inmet: Mapa de Estações (last acess at 12/09/2019).

Kolodiuk MF, Ribeiro LB, Freire EMX (2010) Diet and foraging behavior of two species of *Tropidurus* (Squamata, Tropiduridae) in the Caatinga of northeastern Brazil. South American Journal of Herpetology 5(1): 35 – 44. https://doi.org/10.2994/057.005.0104.

Losos JB (1990) The evolution of form and function: morphology and locomotor performance in west indian*Anolis* lizards. Evolution 44(5): 1189–1203. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1990.tb05225.x.

Mamou R, Marniche F, Amroun M, Exbrayat JM, HerrelA (2019) Seasonal variation in diet and prey availability in the wall lizard *Podarcis vaucheri* (Boulenger, 1905) from the Djurdjura Mountains, northern Algeria.African Journal ofHerpetology 68(1): 18 – 32. https://doi.org/10.1080/21564574.2018.1509138.

Martins EG, Araújo MS, Bonato V, Reis SFD (2008) Sex and season affect individual-level diet variation in the Neotropical marsupial *Gracilinanusmicrotarsus* (Didelphidae). Biotropica 40(1): 132 – 135. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00319.x.

Mesquita DO, Costa GC, Figueredo AS, França FG, Garda AA, Bello Soares AH, Werneck FP (2015) The autecology of *Anolis brasiliensis* (Squamata, Dactyloidae) in a Neotropical Savanna. The Herpetological Journal 25(2015): 233 – 244.

Nobre CEB, Schlindwein C, Mielke OHH (2008) The butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea) of the Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil. Zootaxa 1751: 35 – 45. https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.1751.1.3.

Novaes VS, Araújo AFB (2008) Ecologia dos lagartos brasileiros. Ed. Technical Books, Rio de Janeiro, 256 pp.

Oliveira BHSD, PessanhaALM (2013) Microhabitat use and diet of *Anotosaura vanzolinia* (Squamata: Gymnophthalmidae) in a Caatinga area, Brazil. Biota Neotropica 13(3): 193 – 198. https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000300022.

Pafilis P, Foufopoulos J, Poulakakis N, Lymberakis P, Valakos E (2007) Digestive performance in five Mediterranean lizard species: effects of temperature and insularity. J Comp Physiol B 177: 49 – 60. https://doi.org/10.1007/s00360-006-0108-5.

Pianka ER, Vitt LJ (2003) Lizards: windows to the evolution of diversity. California, USA. 333 pp.

Penone C, Davidson AD, Shoemaker KT, Di Marco M, Rondinini C, Brooks TM, Young BE, Graham CH, Costa GC, Freckleton R (2014) Imputation of missing data in life-history trait datasets: which approach performs the best? Methods in Ecology and Evolution 5(9):961–970. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12232.

Pires MM, Guimarães PR, Araújo MS, Giaretta AA, Costa JCL, Reis SF (2011) The nested assembly of individual-resource networks. Journal of Animal Ecology 80(4): 896 – 903. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01818.x.

Proença AL (2010) Reconhecimento Arqueológico na Região do Catimbau: Prospecção Geoprocessamento e Estratigrafias no Contexto Arqueológico. Revista Brasileira de Geografia 27(2): 289 – 301.

Ragner P, França F, França R, Silva G (2014) História natural do lagarto *Phyllopezusperiosus* (Squamata: Phyllodactylidae) em um ambiente semi – árido no nordeste do Brasil. Revista Biociências 20(2): 5 – 12.

Recoder R, Teixeira-Junior M, Camacho A, RodriguesMT (2012) Natural historyofthe tropical gecko *Phyllopezus pollicaris* (Squamata, Phyllodactylidae) from a sandstoneoutcrop in Central Brazil. Herpetology Notes 5:49 – 58.

Rohlf FJ, Bookstein FL (1987). A comment on shearing as a method for "size correction". Systematic Zoology 36(4):356 – 367. https://doi.org/10.2307/2413400.

Serrano-Cardozo VH, Ramírez-Pinilla MP, Ortega JE, Cortes LA (2007) Annual reproductive activity of *GonatodesAlbogularis* (Squamata: Gekkonidae) living in an anthropicarea in Santander, Colombia. South American Journal of Herpetology 2(1): 31–38. https://doi.org/10.2994/1808-9798.

Sönmez E, GülelA (2008) Effects of different temperatures on the total carbohydrate, lipid and protein amounts of the bean beetle, *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae). Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 1803 – 1808. https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1803.1808.

Souza-Oliveira AF, MagalhãesFDM, GardaAA (2017) Reproduction, diet and sexual dimorphism of *Gymnodactylus geckoides*Spix, 1825 (Sauria: Squamata) from a Restinga area in northeastern Brazil. Journal of Natural History, 51(39-40): 2355 – 2372. https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1366572.

Van Buuren, S, Groothuis-Oudshoorn K(2011) mice: multivariate imputation by chained equations in R. Journal of Statistical Software 45(3): 1–67. https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03.

Van Handel E (1985a) Rapid determination of total lipids in mosquitoes. Journal of the American Mosquito Control Association 1(3): 302 – 304.

Van Handel E (1985b) Rapid determination of glycogen and sugars in mosquitoes. Journal of the American Mosquito Control Association 1(3): 299 – 301.

Vasconcellos A, Bandeira AG, Moura FMS, Araújo VFP, Gusmão MAB, Constantino R (2010a) Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. Journal of Arid Environments 74(2): 298 – 302. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.07.007.

Vasconcellos A, Andreazze R, Almeida AM, Araujo HF, Oliveira ES, Oliveira U. (2010b) Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. RevistaBrasileira de Entomologia 54(3): 471 – 476. https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000300019.

Vitt LJ (1986) Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with a comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. Copeia 3: 773 – 786. https://doi.org/10.2307/1444960.

Vitt LJ (1992) Diversity of reproductive strategies among Brazilian lizards and snakes: the significance of lineage and adaptation. Pp. 135–149 in W. Hamlett (ed.), Reproductive Biology of South American Vertebrates. Springer-Verlag, USA.

Vitt LJ (1995) The ecology of tropical lizards in the caatinga of northeast Brazil. Oklahoma Museum of Natural History 1: 1 – 29.

Vitt LJ, ColliGR (1994) Geographical ecology of a neotropical lizard: *Ameivaameiva* (Teiidae) in Brazil. Canadian Journal of Zoology72: 1986 – 2008. https://doi.org/10.1139/z94-271.

Vitt LJ, Sartorius SS, Avila-Pires TCS, Espósito MC (2001) Life at the river's edge: ecology of *Kentropyxaltamazonica* in Brazilian Amazonia. Canadian Journal of Zoology 79(10): 1855 – 1865. https://doi.org/10.1139/z01-144.

Vitt LJ., Avila-Pires TCS, Zani PA, Sartorius SS, Espósito MC (2003) Life above ground: ecology of *Anolis fuscoauratus* in the Amazon rain forest, and comparisons with its nearest relatives. Canadian Journal of Zoology 81(1):142 – 156. https://doi.org/10.1139/z02-230.

Vitt LJ, Pianka ER (2007) Feeding ecology in the natural world. In: Reilly SM, Mcbrayer LD, Miles DB, editors. Lizard Ecology. United Kingdom: Cambridge University Press. p. 141–172.

Zuur A, IenoEN, WalkerN, SavelievAA, SmithGM (2009) Mixed effects models and extensions in ecology with R In: Statistics for Biology and Health. Volume 2. Springer Science & Business Media, New York, New York, USA. Pp. 209 – 239.

Legend of Figures

Fig. 1. Map of Pernambuco (PE) State in Brazil, location of Catimbau National Park inside the state and the municipalities that border the CU.

Fig.2. MCA Analysis for juvenils, females and males of *Gymnodactylus geckoides* in Catimbau National Park (PE), using adjusted – size of HLL, HW, HL, HH, BH and Jaw Width (JW). It was seen negative correlation, between HLL and HL, and HL and BH (All above -0.2), while other meansurements revealed positive correlation (between 0.2 and 0.6).

Fig.3. Qualitative individual-resource matrices and networks of *Gymnodactylus geckoides*, at Catimbau National Park. In the matrices, cells indicate a given individual in their respective groups, regarding sex (Female and Male) and seasonality (Dry and Rainy) (rows) consuming distinct prey typesin different intensity (columns). In the networks, circles represent individuals, triangles represent resources and lines represent the consumption of a given resource by an individual according to seasonality.

Fig.4. Variation of Proteins, Lipids and Glycogen regarding gender (Female and male) and seasons (Dry and rainy), in stomach content of *G. geckoides* sampled, in Catimbau National Park (PE).

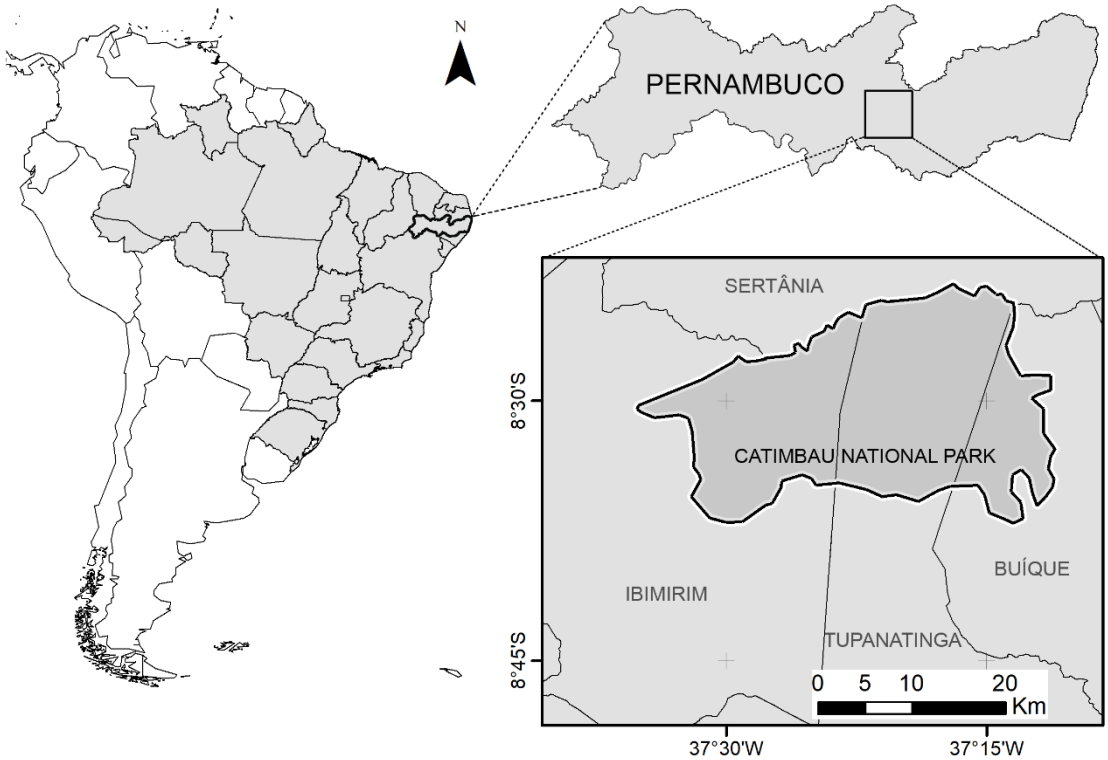

Figure 1. Map of Pernambuco (PE) State in Brazil, location of Catimbau National Park inside the state and the municipalities that border the CU.

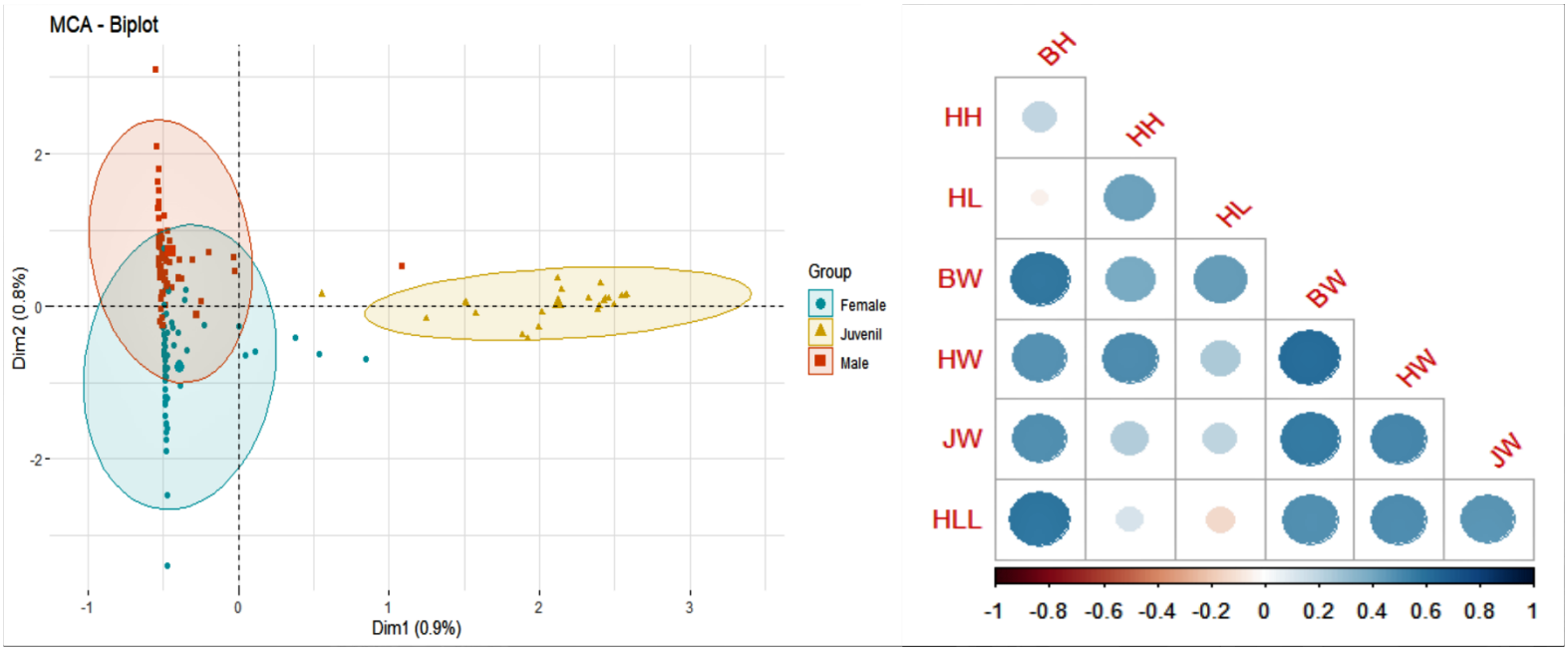

Fig.2. MCA Analysis for juvenils, females and males of *Gymnodactylus geckoides* in Catimbau National Park (PE), using adjusted – size of HLL, HW, HL, HH, BH and Jaw Width (JW). It was seen negative correlation, between HLL and HL, and HL and BH (All above -0.2), while other meansurements revealed positive correlation (between 0.2 and 0.6).

Table 1. Average morphometric measurements for male and female *Gymnodactylus geckoides*, sampled between setember 2018 and august 2019 and 2014, in Catimbau National Park (PE). Values represent mean ± standard deviation, and range of isometric body size and shape (size-free) variables of each body shape measured (mm).

Variables	Females (n = 63)	Males (n = 68)
Snout-vent length	40.03 ± 4.92 (30.95 – 47.25)	40.93 ± 2.74 (32.11 – 45.74)
Body width	8.35 ± 1.67 (5.74 – 13.3)	8.02 ± 1.01 (5.84 – 9.79
Body height	5.71 ± 1.26 (4.06 – 8.71)	5.64 ± 0.99 (4.04 – 7.74)
Head height	4.31 ± 0.59 (3.33 – 5.44)	4.50 ± 0.75 (3.42 – 6.69)
Head width	6.18 ± 0.77 (5.02 – 8.98)	7.13 ± 0.89 (5.15 – 8.52)
Head length	10.73 ± 1.50 (8.64 – 14.44)	10.36 ± 1.59 (8.81 – 13.66)
Forelimb length	11.15 ± 2.18 (8.20 – 15.58)	11.56 ± 2.14 (8.18 – 15.94)
Hindlimb length	14.75 ± 2.42 (11.07 – 19.06)	15.12 ± 2.10 (11.24 – 18.84)

Table 2. Diet composition of the 131 *Gymnodactylus geckoides* captured in Catimbau National Park (PE). n = prey number; v = prey volume; SD = Standart deviation; f = number of stomachs which contained the prey; ips – Importance index of pooled stomachs; iis – Importance index of individual stomachs.

Category	Pooled stomachs							Individual stomachs				
	F	f%	n	n%	v	v%	ips	n±SD	n%±SD	v±SD	v%±SD	iis
Arachnid												
Aranae	28	11.72	36	3.48	237.55	2.77	5.99	0.27 ± 0.53	3.48 ± 0.05	1.81 ± 16.7	2.77 ± 0.19	3.13
Pseudoscorpion	3	1.26	3	0.29	3.02	0.04	0.53	0.02	0.29	0.02 ± 1.36	0.04 ± 0.02	0.17
Insect												
Blattodea	10	4.18	11	1.06	1390.76	16.20	7.15	0.08 ± 0.32	1.06 ± 0. 03	10.62 ± 323. 64	16.20 ± 3.77	8.63
Coleoptera	58	24.27	82	7.83	212.88	2.48	11.53	0.63 ± 0.75	7.92 ± 0.07	1.63 ± 8.28	2.48 ± 0.10	5.20
Diptera	5	2.09	6	0.58	4.62	0.05	0.91	0.05 ± 0.45	0.58 ± 0.04	0.04	0.05	0.32
Hemiptera	2	0.84	5	0.48	58.30	0.68	0.67	0.04 ± 0.71	0.48 ± 0.07	0.45 ± 39.13	0.68 ± 0.46	0.58
Hymnoptera	25	10.46	45	4.35	313.58	3.65	6.15	0.34 ± 1.08	4.35 ± 0.10	2.39 ± 51.55	3.65 ± 0.62	4.00
Isoptera	66	27.62	802	77.49	4239.49	49.37	51.49	6.12 ± 12.12	77.50 ± 1.16	32.36 ± 146.13	49.37 ± 1.70	63.44
Lepdoptera	5	2.09	5	0.48	39.28	0.46	1.01	0.04 ± 0.35	0.48 ± 0.03	0.30 ± 215.99	0.46 ± 2.52	0.47
Mantodea	1	0.42	1	0.10				0.01	0.10			
Neuroptera	1	0.42	1	0.10	107.63	1.25	0.59	0.01	0.10	0.82	1.25	0.68

Odonata	5	2.09	6	0.58	230.57	2.68	1.79	0.05 ± 0.55	0.58 ± 0.05	1.76 ± 42.69	2.69 ± 0.50	1.64
Orthopthera	15	6.28	16	1.55	1052.57	12.26	6.69	0.12 ± 0.26	1.55 ± 0.02	8.03 ± 121.17	12.26 ± 1.41	6.91
Larvae												
Coleoptera	2	0.84	3	0.29	98.94	1.15	0.76	0.02 ± 0.71	0.29 ± 41.92	0.76 ± 0.07	1.15 ± 0.49	0.72
Insect larvae	6	2.51	6	0.58	129.71	1.51	1.53	0.05	0.58	0.99 ± 39.37	1.51 ± 0.46	1.05
Lepdoptera	5	2.09	5	0.48	463.86	5.40	2.66	0.04	0.48	3.54 ± 87.88	5.4 ± 1.02	2.94
Odonata	1	0.42	1	0.10	4.82	0.06	0.19	0.01	0.10	0.04	0.06	0.08
Vertebrate												
Squamata	1	0.42	1	0.10				0.01	0.10			
Total			1035									

Table 3. ANOVA tests for energetical support of Proteins, Lipids and Glycogen in stomach content of *G. geckoides*, regarding gender (Female and Male) and season (Dry and Rainy) in Catimbau National Park (PE). Tests performed with with each factor analysed (Gender and Season), upon tested together for each component analised. * indicates significant variation (< 0.05).

	Protein (cal/mg)				**Lipid (cal/mg)**				**Glycogen (cal/mg)**			
	Sum sq	Df	F-value	P-value	Sum sq	Df	F-value	P-value	Sum sq	Df	F-value	P-value
(Intercept)	0.311	34	55.669	< 0.001*	28.260	28	13.973	< 0.001*	93.156	32	35.337	< 0.001*
Gender	0.002	34	0.529	0.471	0.429	28	0.212	0.648	5.247	32	1.990	0.167
Season	0.007	34	0.094	0.760	0.183	28	0.09	0.764	39.069	32	14.830	< 0.001*

Table 4. Reference values of energetical support, for protein, lipid and glycogen, of different prey types founded isolated in individuals stomachs of *Gymnodactylus geckoides* sampled in Catimbau National Park (PE).

Morphotype prey	Protein (cal/mg)	Lipid (cal/mg)	Glycogen (cal/mg)
Isoptera	0.03	0.31	0.33
Orthoptera	0.12	3.43	1.31
Coleoptera (larvae)	0.09	1.14	0.81
Lepidoptera (larvae)	0.16	1.08	1.81

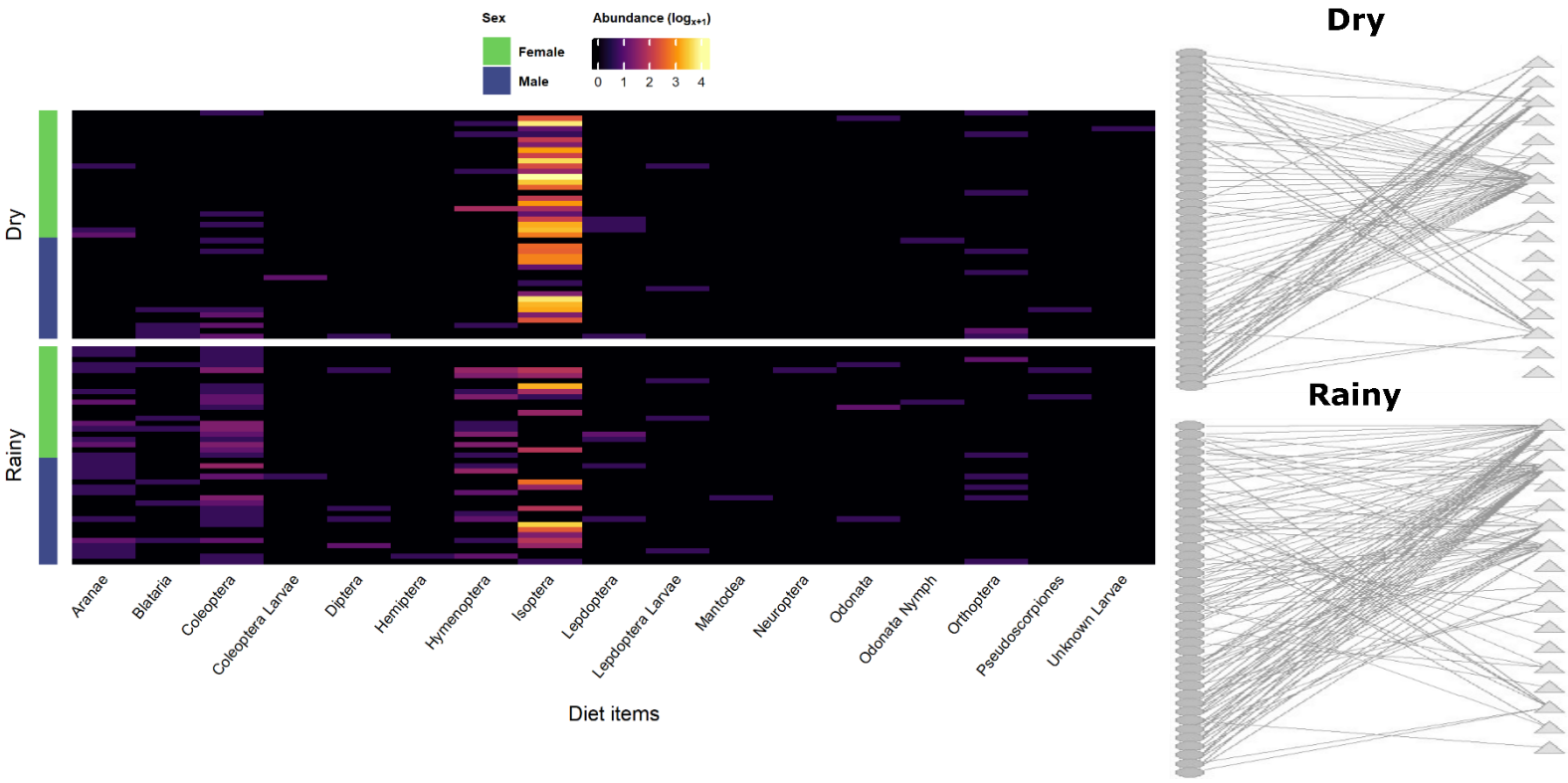

Fig.3. Qualitative individual-resource matrices and networks of *Gymnodactylus geckoides*, at Catimbau National Park. In the matrices, cells indicate a given individual in their respective groups, regarding sex (Female and Male) and seasonality (Dry and Rainy) (rows) consuming distinct prey typesin different intensity (columns). In the networks, circles represent individuals, triangles represent resources and lines represent the consumption of a given resource by an individual according to seasonality.

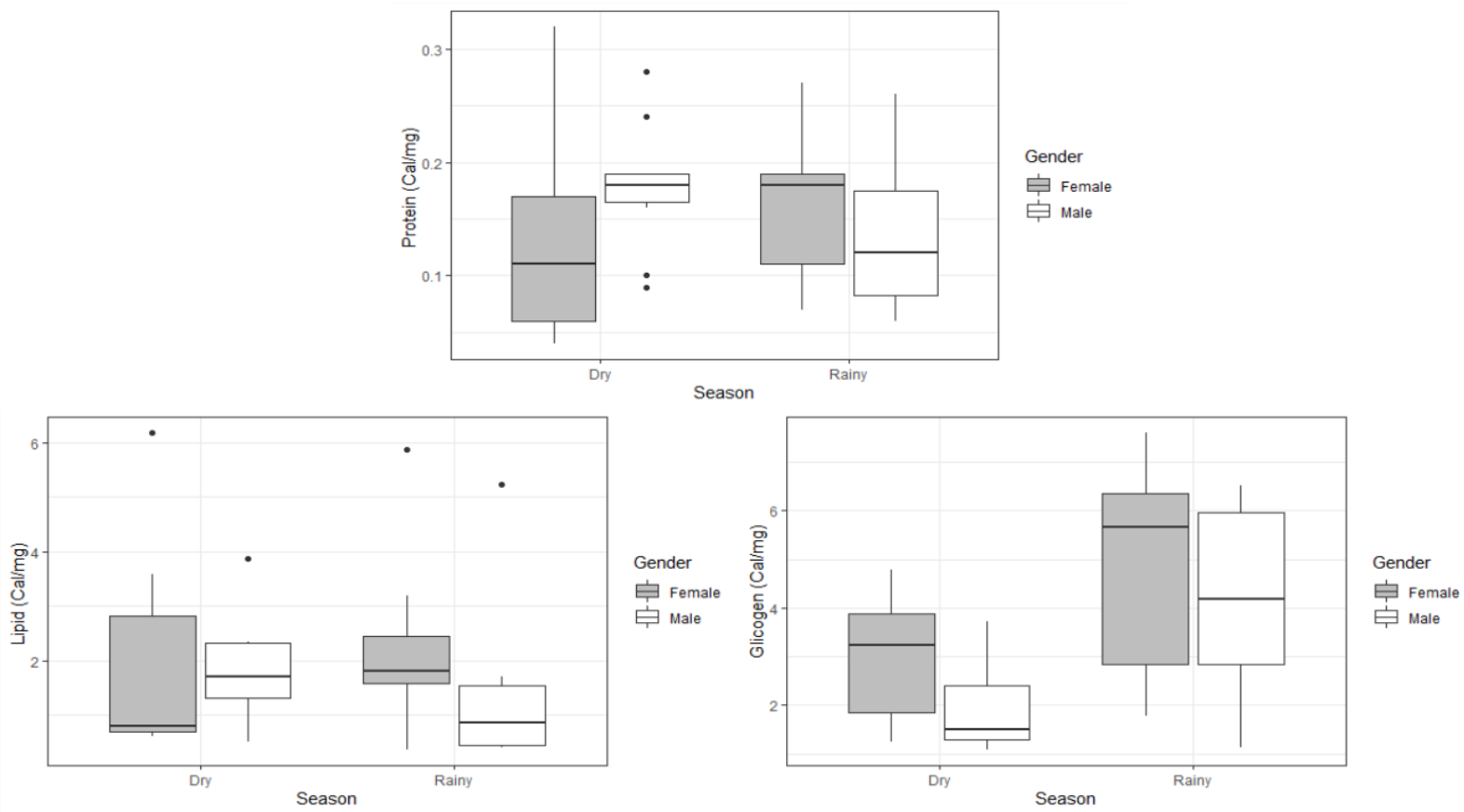

Fig. 4. Variation of Proteins, Lipids and Glycogen regarding gender (Female and male) and seasons (Dry and rainy), in stomach content of *G. geckoides* sampled, in Catimbau National Park (PE).

Artigo submetido à revista: Journal of Thermal Biology (A2)

Thermal ecology and microhabitat use of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) in a Caatinga remnant within different landscape conditions (Brazil)

Leonardo Cabus Oitaven [a]; Juan Salvador Monrós [b,c,*]; Geraldo Jorge Barbosa de Moura [a];

[a] *Laboratório de estudos herpetológicos e paleoherpetológicos, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), 52171900 Recife, Pernambuco, Brazil.*

[b] *Laboratori d'Ecologia de Vertebrats Terrestres, Institut "Cavanilles" de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València, C/ Catedrático José Beltrán nº 2 E-46980, Paterna, València, Spain.*

[c] *Departament de Microbiologia i Ecologia, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50 E-46100, Burjassot, València, Spain.*

[*] Corresponding author. *E-mail address: leocabus54@gmail.com*

Declarations of interest: none.

Abstract

Body temperature, as well as microhabitat use, constitute wide importance patterns, especially for ectothermic vertebrates, allowing us to explain patterns in their biology and natural history. In the present study, we aimed to analyze the microhabitat use and thermal ecology of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) sampled in Catimbau National Park, a Caatinga remnant. Among individuals obtained, microhabitat use was observed inside bromeliads and leaf litter, followed by on rocky outcrops, fallen trunks and rocks. The microhabitats used did not differ by season or group, with variability only detected depending on environmental condition. Although lizards were found during both periods, the usual activity time for *G. geckoides* seemed to be at night, with some individuals observed during twilight. Body temperature, as expected, showed a high correlation with substrate and air temperatures temperature, without differences between groups. Regarding environmental factors, only sunlight intensity revealed significant variation, with juveniles foraging on sites during periods of daylight. Despite the study not revealing significant differences between females and males, anthropic environments tended to display greater temperature variability, both for environmental and body temperature, as well as humidity, than the conserved environment. Finally, our distribution model allowed us to observe *G. geckoides* inhabiting lower elevations, influenced by microhabitat availability. The present study allowed us to describe *G. geckoides* as a terrestrial, thermoconformist and generalist lizard with a preference for shaded areas, according to microhabitat use. It also represents the first effort to create a distribution model for this lizard in Caatinga domain.

Keywords: Gecko; Tropical dry forest; Environmental temperature; Substrate temperature; Lizard.

1. Introduction

Knowledge of the natural history of a species is crucial to understand its ecology, such as ecological patterns (Rocha and Bergalo, 1990; Kiefer et al., 2005). For lizards, microhabitat use, together with thermoregulatory behavior, consist of high importance patterns which allow us to understand several functions, such as reproduction (Colli et al., 2003; Pontes-da-Silva et al., 2018), thermoregulation (Caruccio et al., 2010; Jorge et al., 2020) and prey capture (Mesquita and Colli, 2003; Dias and Rocha, 2004). These aspects can also be useful to demonstrate the relevance of different microhabitats for species conservation (Vitt, 1995; Souza-Terra et al., 2018).

According to Adolph (1990), natural selection involves the use of microhabitats and suitable thermal conditions, as well as species behavior, which leads to the many thermoregulation strategies adopted by different lizard species, as well as adjustments to their activity periods (Hertz, 1992; Souza-Terra et al., 2018), shuttling between different thermal microhabitats (Bauwens et al., 1996; Sears et al., 2016), and adjusting their body posture (Bauwens et al., 1996; De Lanuza et al., 2016). In addition, microhabitat use can be influeced by many factors such as: interspecific competition (Dias and rocha, 2004), predation (Caruccio et al., 2010), species morphology (Scheibe, 1987; Mesquita and Colli, 2003) and seasonality and ontogenetic changes (Colli et al., 2003; Mesquita et al., 2015). Such factors, together with microclimatic variations could explain the microhabitat selected during both the activity and inactivity periods (Hatano et al., 2001; Caruccio et al., 2010).

Studies of microhabitat use also allow us to perform modeling and detection process (Caruccio et al., 2010), which can increase our knowledge of species distribution, or population, in a given site, through the correlation of different factors, such as: activity period, environment and microhabitat conditions (Caruccio et al., 2010; Caruccio et al., 2011), with ecological aspects observed at the study site (Pontes-da-Silva et al., 2018). Geographical variations in physiological traits, between and within populations, usually result from plasticity or adaptation, displaying the spatial structure of adaptive potential throughout species distributions (Caruccio et al., 2010; Pontes-da-

Silva et al., 2018). As such, differences in physiological traits and sensitivity to temperature can lead to differences in vulnerability for populations or different species, according to local habitat structure (Pontes-da-Silva et al., 2018; Souza-Terra et al., 2018).

Several studies have reported the microhabitat use and thermal ecology of various neotropical lizards that inhabit dry forests of arid shrubby Morphoclimatic Domains, like Caatinga and Cerrado (Vitt, 1995; Colli et al., 2003; Hatano et al., 2001; Dias and Rocha, 2004), including *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Vitt, 1995). This species is endemic to the Caatinga, occuring from Rio Grande do Norte to Bahia state (Costa and Bérnils, 2018), being of small port and predominantly terrestrial (Vitt, 1995; Alcantara et al., 2019). Changes to climate, such as landscape modification, can affect organisms in different ways in terms of their thermoregulatory behaviour and microhabitat use (Caruccio et al., 2011; Souza-Terra et al., 2018). Important studies are currently being carried out in order to understand thermal ecology and microhabitat use of neotropical lizards and their vulnerability to those changes (Caruccio et al., 2010 ; Pontes-da-Silva et al., 2018).

Taking this into account, the present study aims to analyse the microhabitat use and thermal ecology of *G. geckoides*, associated with climate factors such as temperature, humidity and light intensity, in Catimbau National Park region, also considering altitude, substrate heigth and environmental conditions. Herein, we focused on the following aspects: (1) microhabitats used by *G. geckoides* are chosen by preference or availability? (2) what time of the day do *G. geckoides* display activity and abundance? (3) are there differences in microhabitat use by *G.geckoides* in terms of gender, ontogenetically and seasonality considering the landscape changes at the Caatinga domain? (4) what body temperatures does the species present in the field and to what extent is this related to air and substrate temperatures?

2. Material and Methods

2.1 Study site

This study was carried out in the Conservation Unit (CU), Catimbau National Park. The CU corresponds to a Caatinga remnant, located in the Vale Ipanema region, comprising the municipalities of Buique, Sertânia, Ibimirim and Tupanatinga, central region of Pernambuco state. The CU is situated on sedimentary deposits of Tacaratu formations (Ferreira, 2010) (Fig. 1). The CU displays an area of about 62.000 ha, with altitudes reaching from 600 m to 1000 m above sea level. The climate is semi-arid, with rainfall varying from 0 mm to 256 mm and the rainy period concentrated between March and July, while mean annual temperature is 23°C (ICMBio, 2019; INMET, 2019). The majority of the landscape includes typical shrubby and herbaceous vegetation, sandy soil and rocky fields, containing perennial and deciduous flora (Sousa et al., 2012). However, a few areas inside the park display urban environments, including housing and grazing areas (IBGE, 2017).

2.2 Data Collection

Lizards were collected manually by active search, performed monthly from September 2018 to August 2019, with the aim of describing seasonal variation in the ecological patterns studied (Souza-Terra et al., 2018). Sampling was performed during two sessions: day and night, with the goal of observing activity and inactivity periods, which were classified according to the sighting of individuals moving around or just hidden (Kiefer et al., 2005; Caruccio et al., 2010). We walked by a trail aproximately 300 m in extent sand, for 30 min, at hourly intervals for three days, during the day (between 9:00h and 14:00 h), as well as the night (between 16:00h and 20:00 h), usually with collections and observations made by a pair of observers. Microhabitat use was documented through data gathering or visual records, together with date and time of capture and substrate depth for soil (Colli et al., 2003). At the time of capture, Body Temperature (BT), Air Temperature (AT) (5 cm above ground), Substrate Temperature (ST) and Humidity (HU) were recorded using digital thermohygrometers (0.1°C), as well

as Ligthsome Intensity (LI), with digital luxmeter (Colli et al., 2003; Caruccio et al., 2010).

Specimens collected were separated according to month collected, and by category (Adult female, adult male and juvenile). After collection, each individual was weighed, using a digital scale (0.001 g) and euthanized using liquid Ketamine through intramuscular injection, in order to kill the lizards without pain. The collections were authorized by the Animal Use Environmental Agency (SISBIO # 64455-1), and Ethics Committee (CEUA UFRPE 123/2018).

The Distribution Model was created to display the distribution pattern of *G. geckoides* for two different environmental conditions: anthropic (8°34'06"S 37°14'38"W) and conserved (8°35'42"S 37°15'08"W) (Fig. 1). Areas displaying modified landscape (urban environments, housing, pecuary and grazing areas), were considered as antropized. To detect lizard abundance, sampling was carried out during both active and inactive periods, sampling only individuals found in sheltered sites. Individuals were sampled during both dry and rainy seasons, being collected along the transect drawn according to different altitudes (from 700 to 800 m above sea level). The Main Matrix was created with the number of specimens found at each altitude, separated according to season and environmental condition. Following this, the Main Matrix was combined with the Secondary Matrix, which includes microhabitat used, soil condition and altitude, with the aim of indicating tendencies to find *G. geckoides* regarding different characteristics in both environmental conditions, as well as season, using permutation and scaling analysis.

2.3 Data Analyses

Microhabitat use was analyzed according to type, individual category, season and environmental conditions. Frequency of substrate type for groups of individuals (Adult female, adult male and juvenile), as well as season (Dry and rainy) and environmental condition (Anthropic and conserved), were compared using the Chi-square test (Colli et al., 2003). For each group, substrate preference was analyzed via Principal Component Analysis (PCA), using the packages *xlsx*, *FactoMiner* and *factoextra* (Caruccio et al.,

2010). To verify differences between dry and rainy season, females and males, antropic and conserved environments, as well as activity time, an ANOVA test. We performed ANOVA tests for each classification, using these elements (Season, group and environmental conditions) as covariates (Zar, 1999).

The correlations between BT and two other recorded temperatures (AT and ST) were evaluated according to Linear Regression test (R^2), using BT as the dependent variable (Souza-Terra et al., 2018). The differences in mean body and substrate temperature, between groups and substrate type, were tested using ANOVA and post-hoc Tukey-test (Kiefer et al., 2005). Regarding environmental patterns recorded (BT, AT, ST, HU, LI), as well as substrate height (SH), the differences were compared through the ANOVA test, using group, season and environmental condition as covariants (Caruccio et al., 2010; Souza-Terra et al., 2018). For each microhabitat type, environmental patterns were analyzed using Generalized Linear Model (GLM) tests, with the goal of verifying the degree and their percentage of influence, using the package *readxl* (Caruccio et al., 2011). All analyses were performed using the R Program (v3.6.1 R Development Core Team 2019).

To carry out the modelling process and understand how the species uses the environment, permutation analyses were applied, seeking to test the hypothesis of differentiated use between the seasons sampled (dry and rainy) and according to the environment condition (anthropic and conserved). Additionally, NMDS scaling analysis was used to reveal patterns of use in the sampling units. All these analyses were carried out with the PCOrd program (Mazerolle et al., 2007).

3. Results

A total of 100 records of *G. geckoides* were obtained throughout the study, encompassing 81 adults (40 males and 41 females), 13 juveniles, and 6 individuals (when it was not possible to identify sex or age). The mean temperatures recorded at the moment of animal capture were: body temperature (dry season: 28.90 ± 3.73 °C, range: 22.1 – 37.9 °C, n = 52; rainy season: 27.55 ± 3.29 °C, range: 20.9 – 33.9 °C, n = 42); substrate temperature (dry season: 29.90 ± 4.43 °C, range: 22.9 – 39.2 °C, n = 52; rainy season:

28.80 ± 3.25 °C, range: 23.7 – 36.2 °C, n = 42); air temperature (dry season: 29.10 ± 4.01 °C, range: 22.9 – 38.7 °C, n = 52; rainy season: 28.60 ± 3.26 °C, range: 23.3 – 35.9 °C, n = 42). For the environmental patterns the following means were observed: Lightsome intensity (dry season: 60.2 ± 43.46 ft, range: 0.05 – 161.2 ft, n = 26; rainy season: 18.2 ± 32.52 ft, range: 0.04 – 100.0 ft, n = 29); Humidity (dry season: 45.5 ± 16.91%, range: 30 – 85%, n = 52; rainy season: 58 ± 13.84%, range: 31 – 82%, n = 42); Substrate height 2.70 ± 9.52 cm (range: 0 – 60 cm, n = 100).

In the present study, specimens were observed in five different microhabitats: Inside bromeliads, on rocky outcrop, leaf litter, bricks and fallen trunks. The main microhabitat used was leaf litter (38%), followed by inside bromeliads (28%) (always the same species *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult (Pitcairnioideae)), rocky outcrop (15%), fallen trunks (14%) and under bricks (5%) (Fig. 2). Ninety-three (93%) individuals were found in sheltered environments, while the remaining individuals were found on rocks (5%), fallen trunks (1%) or on the ground (1%). All individuals were motionless when initially sighted, with 77% of individuals remaining still after the environment was disturbed, while the remaining individuals fled to the nearest shelter.

For microhabitats used, Chi Square tests did not reveal significant variance between females and males ($Chi^2 = 3.44$, df = 4, $p = 0.48$), or seasonality ($Chi^2 = 1.40$, df = 4, $p = 0.84$), whereas significant variance between environmental conditions was observed ($Chi^2 = 71.22$, df = 4, $p < 0.001$). Although Correspondence Analysis did not reveal robust evidence ($x^2 > 0.05$), a fairly high use of “leaf litter” was recorded for females and males, whereas juveniles tended to use “rocky outcrops”, being performed just with individuals captured in anthropogenic environments, which have rather variation of microhabitats used. Despite the low number of juvenile individuals recorded, *G. geckoides* tend to display some preference for certain microhabitat types during different lifestages, in anthropic environments. In conserved environments, the preference is mainly for bromeliads.

As expected, according to time of day, individuals were found foraging on the ground, only during nocturnal collections. Diurnal collections only revealed motionless

individuals above sheltered environments. During the morning, the rather frequencies were obtained between 10:00 and 11:00 am, with no lizards being observed from 13:00 pm onward. The activity period revealed higher frequencies of individuals, especially during twilight (17:00 to 18:00 pm) (Fig. 3). Despite the relevant abundance during the dry season, an ANOVA test did not reveal significant variation in lizard frequency depending on seasonality ($ANOVA_{1,\ 1.49}$ = 12.800; Df = 1, p = 0.25), whereas rather frequency was seen during twilight (17:00 to 18:00 pm) considering both seasons ($ANOVA_{1,\ 3.54}$ = 76.166, Df = 3; $p < 0.001$).

Linear regression analysis (R^2) indicated a positive and significant relation between body temperature and both air (I = 3.88; R^2 = 0.74; $p < 0.001$) and substrate (I = 3.22; R^2 = 0.70; $p < 0.001$) temperatures, indicating a strong influence on thermoregulation from both (Fig. 4). The ANOVA test did not reveal significant variance in body temperature between groups ($ANOVA_{0.044}$ = 10.056, Df = 2, p = 0.46), indicating similar body temperatures for juveniles, females and males. Regarding microhabitat types used, there were no significant differences in mean body temperature ($ANOVA_{2.021}$ = 24.370, Df = 4, p = 0.09), which had been observed for substrate temperature ($ANOVA_{3.621}$ = 50.140, Df = 4, $p < 0.001$). Tukey test revealed significant variation for both temperatures tested, among the most used microhabitats (Bromeliad and Leaf litter), as well as between leaf litter and bricks for substrate temperature (Table 1).

For the parameters studied, ANOVA tests revealed significant variation for LI between groups, indicating that juveniles tend to forage more in places with higher light intensity than females and males, while males tend to forage more under higher LI conditions than females, mainly during the dry season. On the other hand, AT, BT and HU revealed significant variance between environment conditions, mainly during the rainy season, when considering anthropic environments (Table 2). The GLM test revealed significant influence for SH, when considering the rocky outcrop microhabitat, as with BT and LI, when considering bricks. A positive relation between substrate depth and rocky outcrops was recorded (β±SE = 0.105 ± 0.052, z = 2.007, p = 0.04), whereas body temperature and lightsome intensity revealed a negative (β±SE = -1.092 ± 0.523, z = -

2.086, p = 0.03) and positive relation (β±SE = 0.073 ± 0.032, z = 2.286, p = 0.02), respectively.

The distribution model revealed significant variation at the different altitudes sampled (MRPP: $A_{0.15}$; t = - 4.43; $p < 0.001$), for both anthropic and conserved environments. *G. geckoides* abundance was higher at lower elevations (750m to 770m above sea level), than at higher elevations (780m to 800m above sea level), regardless of seasonality or environmental conditions. Of the variables used, six were most relevant: presence of leaf litter, bromeliad, fallen trunks, rocks, temperature and altitude (750m, 760m and 780m). These variables demonstrate that *G. geckoides* is more easily found in leaf litter and on fallen trunks, when being sampled in anthropic environments, while in conserved environments it is mainly associated with bromeliads. This lizard can be more easily found between 750m and 770m in both environmental conditions (Fig. 5).

4. Discussion

Gymnodactylus geckoides tend to seek out shaded habitats, so as to avoid direct sunlight, especially during the hottest hours of the day, basking mainly during late afternoon. Despite being associated with rocky outcrops, our records in Catimbau National Park indicate that this lizard can use diverse microhabitats to a similar degree, making its classification as a rupicolous species *strictu sensu*, unfeasible (Vitt, 1995; Alcantara et al., 2019). *G. geckoides* females and males did not differ in terms of microhabitat use, with low movement rates, even after being approached, typically indicating sit-wait behavior. However, by contrast with previous studies, *G. geckoides* seems to display nocturnal activity, with higher activity during late afternoon until 21:00h (Vitt, 1995), which can be demonstrated by the lack of individuals exposed and foraging during diurnal collections (Kiefer et al., 2005).

Geckos tend to use rocky outcrops and bricks in seasonal environments, with higher elevations, as well as warmer spots during the day, offering a better source for thermoregulation, as well as more protected sites (Vitt, 1995; Colli et al., 2003). After light incidence, those microhabitats tend to reach quite low temperatures, leading individuals to leave this site, with the aim of keeping body temperature elevated for

longer, especially during active periods (Caruccio et al., 2010; Caruccio et al., 2011). On the other hand, another kind of microhabitat, such as leaf litter and bromeliads, could display constant thermoregulation, as well as food and protection sources, being inhabited by *G. geckoides* regardless of the activity and inactivity times (Rocha and Bergallo, 1990; Jorge et al., 2020). This situation, together with the significant variance recorded between most microhabitats used, when considering body and substrate temperatures, reinforces that those differences in microhabitat use seems to be more associated with their availability in the environment (Scheibe, 1987; Caruccio et al., 2010), when taking into account conserved and anthropic environments (Souza-Terra et al., 2018). Since each microhabitat observed was used to a similar degree, both female and male *G. geckoides* probably display the same opportunities for thermoregulation (Adolph, 1990; Carrucio et al., 2010).

Low body temperature seems to be a characteristic of gekkonids, especially in *Gymnodactylus* genus (Vitt, 1995; Colli et al., 2003), indicating high thermoregulation abilities of *G. geckoides* (Huey and Webster, 1976; Souza-Terra et al., 2018), such as dependency from both temperatures (Kiefer et al., 2005). Significant association between body, environmental and substrate temperatures, suggests that this species is a thermoconformist (Vitt, 1995). The higer body temperature, compared to *G. amaralli* in Cerrado domain (Colli et al., 2003) and *G. darwinii* in Atlantic Forest (Unpublished data), possibly could be associated with higher environmental temperatures, as well as open areas, in the Caatinga domain (Bergallo and Rocha, 1993). In addition, studies with another lizard species in seasonal environments have demonstrated that dark coloration can help with thermoregulation, optimizing quick heat absorption when heat becomes available (Adolph, 1990; Carrucio et al., 2010). This could be very useful for lizards inhabiting environments like Caatinga, to be able to optimize heat absorption and remain less exposed during the warmer daytime, and to protect against predators (Carrucio et al., 2010; Carrucio et al., 2011), also reflecting their lower thermal requirements, avoiding extreme environmental temperatures in Caatinga (Hatano et al., 2001).

According to the environmental patterns analyzed, it was possible to observe that they do not present strong influence on this species, since females, males and juveniles

were recorded during both seasons (Scheibe, 1987; Alcantara et al., 2019). The difference of lightsome intensity could be explained by different behaviors and metabolism. Since juveniles tend to present faster metabolism, it is unsurprising that individuals, at this stage, look for environments with higher sunlight incidence, especially to thermoregulate, (Vitt, 1995; Carrucio et al., 2010). Males, in turn, could spend more time in shelters, but on some occasions their observation tended to be associated with mating, which could be intensified during the dry season (Colli et al., 2003; Alcantara et al., 2019). Unrelated to this, most *G. geckoides* activities seem to occur in sheltered environments, regardless of time of activity (Vitt, 1995). Despite not influencing the species frequency, the different rates of detection recorded between anthropic and conserved environments, indicate that native vegetation, like *E. spectabile*, could act as a potential regulator of environmental variations in Caatinga Domain (Jorge et al., 2020).

Regarding the modelling process, our results tend to classify *G. geckoides* as a terrestrial lizard (Vitt, 1995). In addition, our dataset allows us to infer that this is a terrestrial species, well adapted to environmental changes, since its abundance remained fairly constant regardless of season (Dry and rainy), as well as environmental condition (conserved or anthropic) (Sears et al., 2016; Jorge et al., 2020). The lack of microhabitats at higher altitudes, especially in anthropic environments, seems to lead *G. geckoides* to inhabit less elevated sites (From 750m to 770m above sea level). Conserved environments, in turn, seem to maintain the main microhabitat for this lizard (Bromeliad) at higher altitudes, which allows *G. geckoides* to reach slightly elevated places within this environmental condition (up to 780m above sea level) (Sears et al., 2016). In conserved environments, *G. geckoides* seems to select bromeliads, which could display greater prey abundance, as well as being an important site for thermoregulation and reproduction (Souza-Terra et al., 2018; Jorge et al., 2020).

The present study indicates that *G. geckoides* could react quite well to large scale climate change (Colli et al., 2003; Souza-Terra et al., 2018), especially considering their generalist habits (Vitt, 1995; Kiefer et al., 2005). Those adaptations can be associated with several activities performed by this species in these microhabitats, including feeding, thermoregulation, reproduction, protection against predators, as well as other inter and

intraspecific interactions (Vitt, 1986; Vitt, 1995; Jorge et al., 2020). On the other hand, current models predict mass extinctions of species over the next decades, which has been aggravated due to global warming and environmental modifications (Pontes-da-Silva et al., 2018). Therefore, a decrease in Morpho-climatic Domains, as well as the reduction of possible predators, could generate an increase in remnant populations, consequently elevating the competition process, being inter or intraspecific, due to scarce resources such as food and habitat. This situation could occur mainly in seasonal environments like Caatinga, where resources are limited during certain periods, and may, therefore, be aggravating for *G. geckoides* populations in a few decades (Souza-Terra et al., 2018; Pontes-da-Silva et al., 2018).

The present study also indicates that populations of this species may also exhibit an ability to acclimate to environments and landscape changes, which is typical of the well-established relationship of gecko lizards with the environment that they inhabit. In conclusion, microhabitat use may have functional consequences for *G. geckoides*, especially for thermoregulation, since the lizards selected shelters adequate to their thermoregulatory needs. Aiming to avoid predators and high light intensity, *G. geckoides* tend to thermoregulate in sheltered environments, spending less time in exposed environments. The present study highlights the need for further research involving thermoregulation, microhabitat use, and distribution modelling, including different locations and habitats of the Caatinga, so as to be able to evaluate different thermoregulatory strategies used by ectothermals.

Acknowledgments

The authors would like to thank all students, as well as park guides, who participated in the field sampling, and the Programas de Ecologia de Longa Duração (PELD) coordinators, for allowing the use of their base inside Catimbau National Park. In addition, to Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for the financial support for this study, and for permission from the expedition center Instituto Chico Mendes de Biologia (ICMBio), and Comitê de Ética de Uso de Animais (CEUA), for giving authorization to collect and process individuals in the present study.

Funding

This study was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, #88882.461697/2019-01). A scholarship from the Programa de Demanda Social (CAPES/UFRPE/CNPq) was conceded to L.C.O through a Programa de Pós-Graduação de Biociência Animal (PGBA/CAPES).

References

Adolph, S.C. 1990. Influence of behavioral thermoregulation on microhabitat use by two *Sceloporus lizards*. Ecology. 71, 315 – 327. https://doi.org/10.2307/1940271.

Alcantara, E.P., Ferreira-Silva, C.R.I.S.T.I.A.N.A., Gonçalves-Sousa, J.G., Morais, D.H., Ávila, R.W., 2019. Feeding ecology, reproductive biology, and parasitism of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 from a Caatinga area in northeastern Brazil. Herpetological Conservation and Biology. 14, 641 – 647.

Bauwens, D., Hertz, P.E., Castilla, A.M., 1996. Thermoregulation in a lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms. Ecology 77, 1818–1830. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/2265786/pdf.

Bergallo, H.G., Rocha, C.F.D., 1993. Activity patterns and body temperature of two sympatric lizards (*Topidurus torquatus* and *Cnemidophorus ocellifer*) with different foraging tactics in Southeastern Brazil. Amphib.-Reptil. 14, 312–215. http://dx.doi.org/10.1163/ 156853893×00525.

Caruccio, R., Vieira, R.C., Verrastro, L., 2010. Microhabitat use by *Cnemidophorus vacariensis* (Squamata: Teiidae) in the grasslands of the Araucaria Plateau, Rio Grande do Sul, Brazil. Zoologia (Curitiba). 27, 902 – 908. https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000600011.

Caruccio, R., Vieira, R.C.L., Verrastro, L., Machado, D.M., 2011. Thermal biology, activity, and population parameters of *Cnemidophorus vacariensis* (Squamata, Teiidae), a lizard endemic to southern Brazil. Iheringia Série Zoologia, Porto Alegre. 101, 283 – 295. https://doi.org/10.1590/S0073-47212011000300002.

Cassimiro, J., Rodrigues, M.T., 2009. A new species of lizard genus *Gymnodactylus* Spix, 1825 (Squamata: Gekkota: Phyllodactylidae) from Serra do Sincorá, northeastern Brazil, and the status of *G. carvalhoi* Vanzolini, 2005. Zootaxa. 2008, 38 – 52. DOI: 10.5281/zenodo.274683.

Colli, G. R., Mesquita, D.O., Rodrigues, P.V., Kitayama, K., 2003. Ecology of the gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical savanna. Journal of Herpetology. 37, 694 – 706. https://doi.org/10.1670/180-02A.

Costa, H.C., Bérnils, R.S., 2018. Répteis brasileiros: lista de espécies. Herpetologia Brasileira. 7, 11 – 57.

De Lanuza, G.P., Carretero, M.A., Font, E., 2016. Thermal dependence of signalling: do polymorphic wall lizards compensate for morph-specific differences in conspicuousness? Behav. Ecol. Sociobiol. 70, 1151–1159. http://dx.doi.org/10.1007/s00265- 016-2123-1.

Dias, E.J., Rocha, C. F., 2004. Thermal ecology, activity patterns, and microhabitat use by two sympatric whiptail lizards (*Cnemidophorus abaetensis* and *Cnemidophorus ocellifer*) from northeastern Brazil. Journal of herpetology. 38, 586 – 588. https://doi.org/10.1670/80-03N.

Ferreira, B., 2010. A região semi-árida nordestina: utilização de dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. Ciência e Natura. 32, 143 – 158. DOI: http://dx.doi.org/10.5902/2179460X9503.

Hatano, F.H., Vrcibradic, D., Galdino, C.A.B., Cunha-Barros, M., Rocha, C.F.D., Van-Sluys, M., 2001. Thermal ecology and activity patterns of the lizard community of the restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ. Rev. Brasileira de Biologia. 61, 287 – 294. https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000200011.

Hertz, P.E., 1992. Evaluating thermal resource partitioning by sympathric lizards *Anolis cooki* and *A. cristatellus*: a field test using null hypotheses. Oecologia 90, 127–136. http://dx.doi.org/10.1007/BF00317818.

Huey, R.B., Webster, T.P., 1976. Thermal biology of *Anolis* lizards in a complex fauna: the Christatellus group on Puerto Rico. Ecol. 57, 985–994. http://dx.doi.org/10.2307/ 1941063.

Jorge, J.S., Sales, R.F.D., Santos, R.L., Freire, E.M.X., 2020. Living among thorns: herpetofaunal community (Anura and Squamata) associated to the rupicolous bromeliad *Encholirium spectabile* (Pitcairnioideae) in the Brazilian semi-arid Caatinga. Zoologia. 37, 1 – 12. DOI: https://doi.org/10.3897/zoologia.37.e46661.

Kiefer, M.C., Van Sluys, M., Rocha, C.F.D., 2005. Body temperature of *Tropidurus torquatus* (Squamata, Tropiduridae) from coastal populations: do body temperature vary along their geographic range? Journal of Thermal Biology. 30, 449–456. http://dx.doi.org/10. 1016/j.jtherbio.2005.05.004.

Mazerolle, M.J., Bailey, L.L., Kendall, W.L., Andrew Royle, J., Converse, S.J., Nichols, J.D., 2007. Making great leaps forward: accounting for detectability in herpetological field studies. Journal of Herpetology. 41, 672 – 689. DOI: 10.1670/07-061.1.

Mesquita, D.O., Colli, G.R., 2003. The ecology of *Cnemidophorus ocellifer* (Squamata, Teiidae) in a Neotropical savanna. Journal of Herpetology. 37, 498 – 509. http://dx.doi.org/10.1670/179-02A.

Mesquita, D.O., Costa, G.C., Figueredo, A.S., França, F.G., Garda, A.A., Bello Soares, A.H., Werneck, F. P., 2015. The autecology of *Anolis brasiliensis* (Squamata, Dactyloidae) in a Neotropical savanna. The Herpetological Journal. *25*, 233 – 244.

Passos, D.C., Zanchi, D., Duarte Rocha, C.F., 2013. Basking in shadows and climbing in the darkness: microhabitat use, daily activity and thermal ecology of the gecko *Phyllopezus periosus* Rodrigues, 1986. 2013, 171 – 174.

Pedrosa, I.M.M.D.C., Costa, T.B., Faria, R.G., França, F.G.R., Laranjeiras, D.O., Oliveira, T.C.S.P.D., Garda, A.A., 2014. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga III: The Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil. Biota Neotropica. 14, 1 – 12. http://dx.doi.org/10.1590/1676-06032014004614.

Pontes-da-Silva, E., Magnusson, W.E., Sinervo, B., Caetano, G.H., Miles, D.B., Colli, G.R., Werneck, F.P., 2018. Extinction risks forced by climatic change and intraspecific variation in the thermal physiology of a tropical lizard. Journal of Thermal Biology. 73, 50 – 60. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.01.013

Proença, A.L., 2010. Reconhecimento Arqueológico na Região do Catimbau: Prospecção Geoprocessamento e Estratigrafias no Contexto Arqueológico. Rev. Bras. Geog. 27, 289 – 301.

Rocha, C.F.D., Bergallo, H.G., 1990. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* (Sauria Iguanidae) in an area of Amazonian Brazil. Ethol. Ecol. Evol. 2, 263–268. http://dx.doi.org/10.1080/08927014.1990.9525411.

Scheibe, J.S. 1987. Climate, competition, and the structure of temperate zone lizard communities. Ecology. 68, 1424 – 1436. https://doi.org/10.2307/1939226

Sears, M.W., Angilletta, M.J., Schuler, M.S., Borchert, J., Dilliplane, K.F., Stegman, et al., 2016. Configuration of the thermal landscape determines thermoregulatory performance of ectotherms. Proc. Natl. Acad. Sci. 113, 10595–10600. http://dx.doi.org/10. 1073/pnas.1604824113.

Souza-Terra, J.Z., Ortega, Z., Ferreira, V.L., 2018. Thermal ecology and microhabitat use of an arboreal lizard in two different Pantanal wetland phytophysionomies (Brazil). Journal of Thermal Biology. 75, 81 – 87. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.06.004.

Vitt, L.J., 1986. Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with a comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. Copeia. 3, 773 – 786. DOI: 10.2307/1444960.

Vitt, L.J., 1995. The ecology of tropical lizards in the caatinga of northeast Brazil. Oklahoma Museum of Natural History. 1, 1 – 29.

Zar, J.H., 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall (4th ed.), New Jersey.

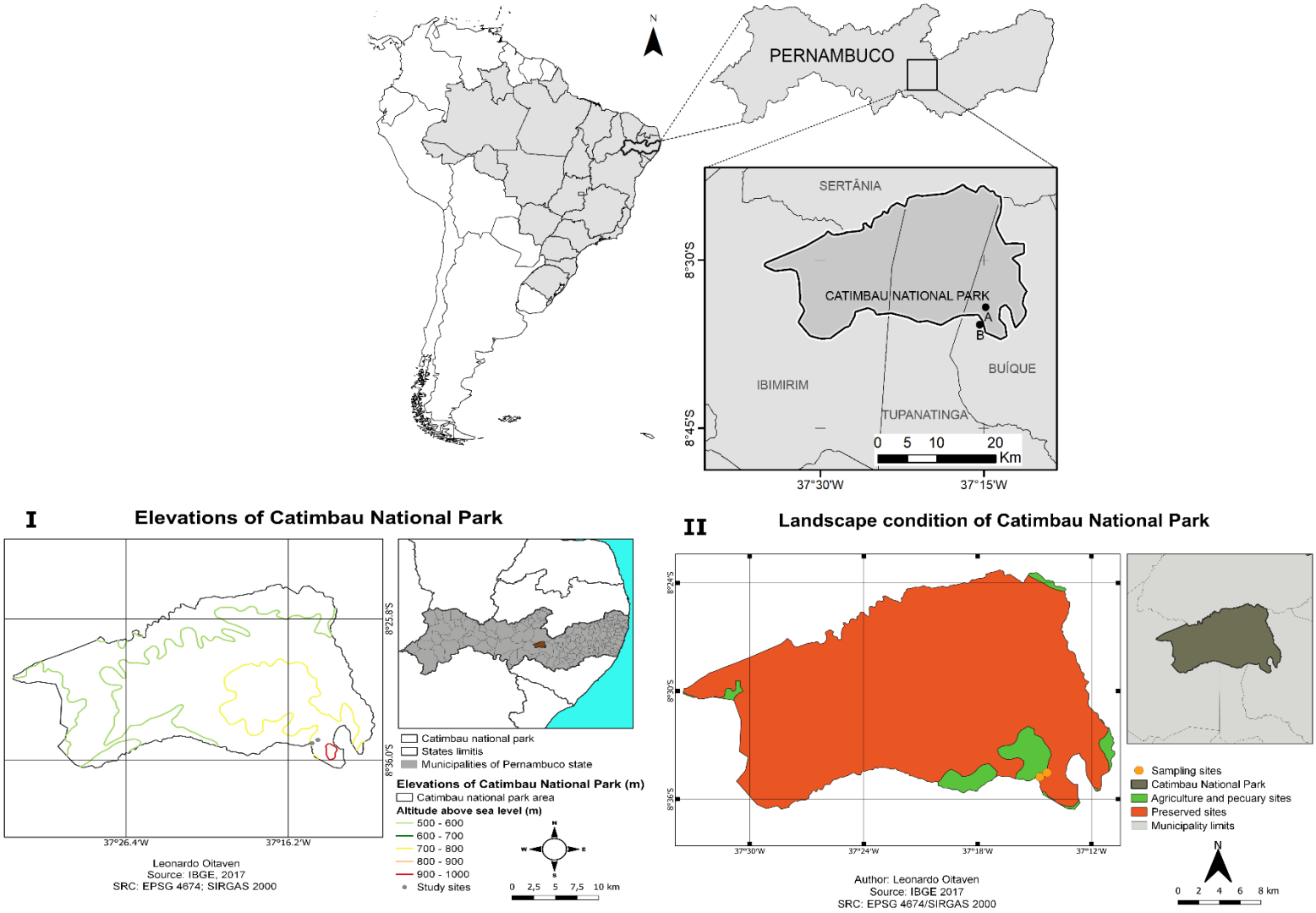

Figure 1. Map of Pernambuco (PE) State in Brazil, location of Catimbau National Park inside the state and the municipalities that border the CU, with locations of sampling sites involving conserved (A) and anthropized (B) areas. Indication of elevations (I) above sea level and extension of landscape modification (II) inside Catimbau National Park.

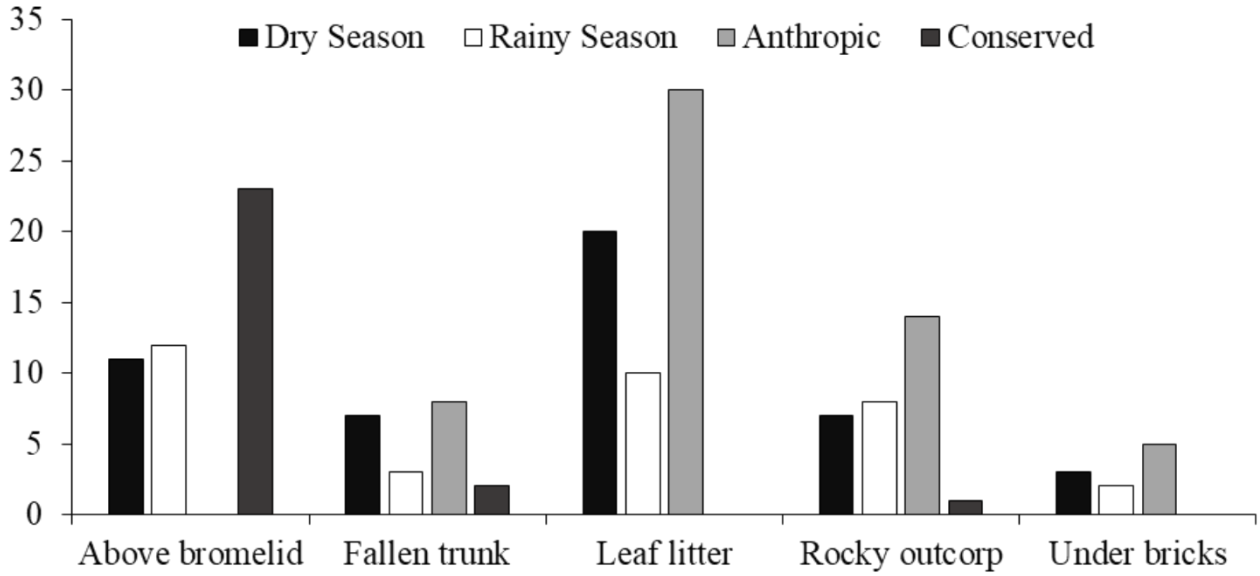

Figure 2. Microhabitats where *G. geckoides* were observed and collected according to Dry (n = 58) and Rainy (n= 42) season, as well as Anthropic (n = 57) and Conserved (n = 43) environments in the study site, Catimbau National Park between September 2018 and August 2019.

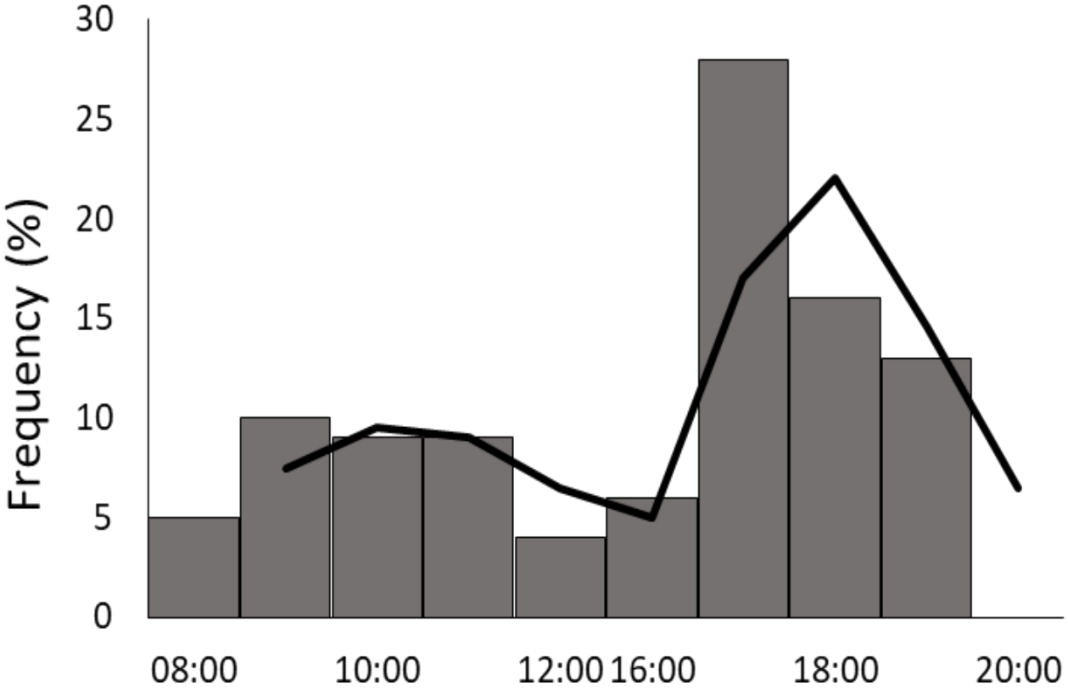

Figure 3. Frequency of *G. geckoides* (n = 100) found during each hourly interval at Catimbau National Park, Buíque, Pernambuco. Daylight (8:00 – 12:00) interval indicates the time of inactivity, while Nocturnal (16:00 – 20:00) indicates time of activity.

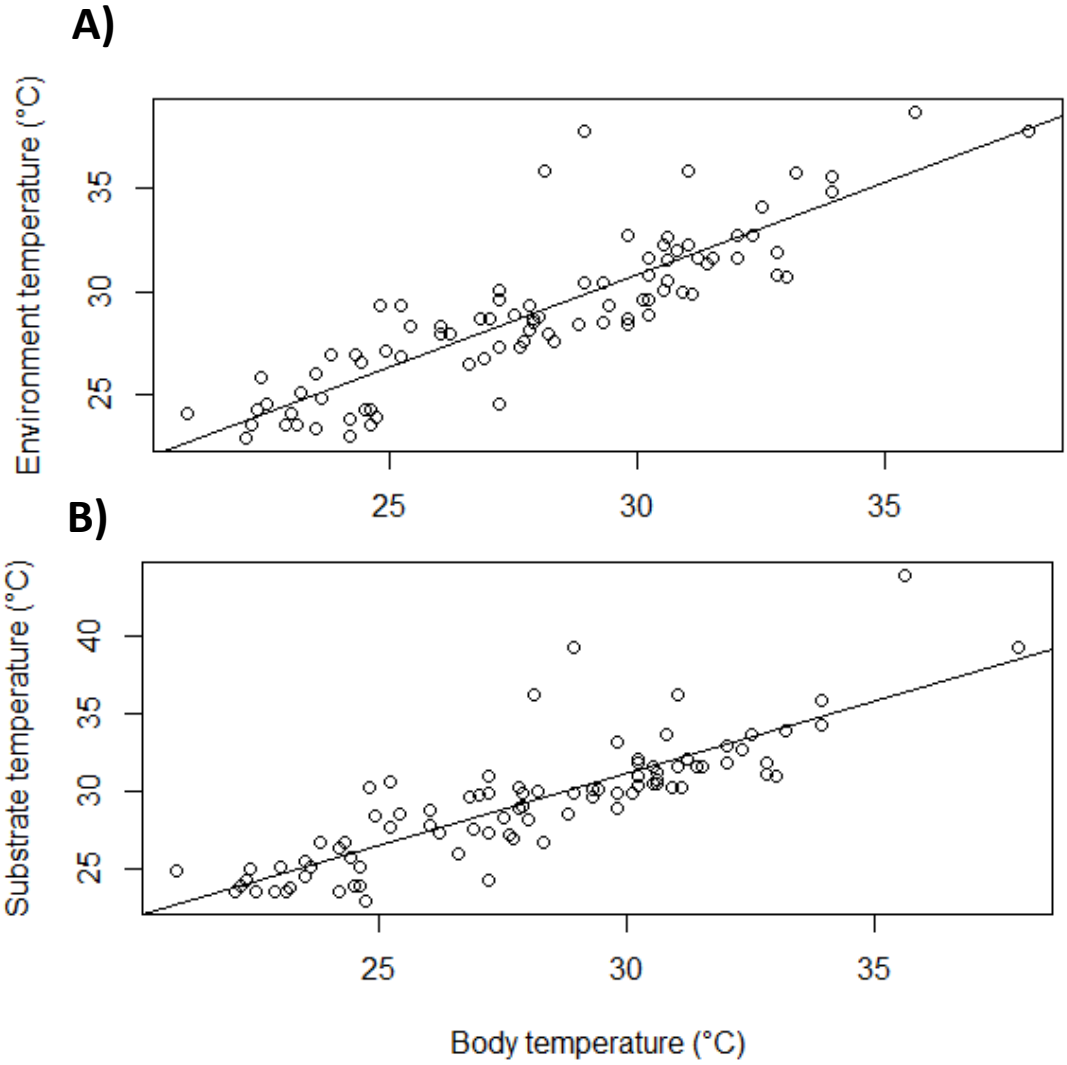

Figure 4. Linear regression analysis displaying positive relation between body temperature, from *G. geckoides* individuals, and air temperature (A) and substrate temperature (B) in the study site, Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco state, between September 2018 and August 2019.

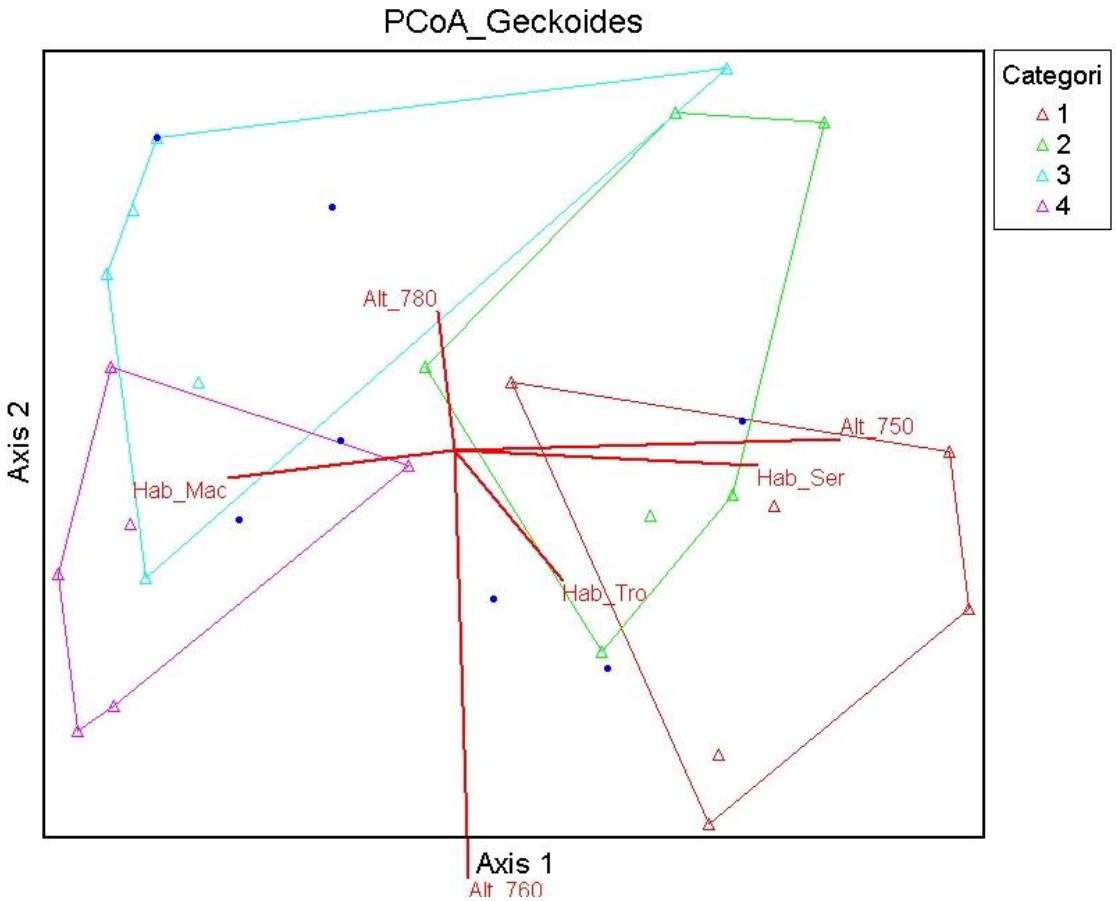

Figure 5. Distribution of *G. geckoides* in the Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil, according to season and collection area, considering the most relevant variables. Alt_760 = Altitude (760m above sea level); Alt_750 = Altitude (750m above sea level); Alt_780 = Altitude (780m above sea level); Hab_Tro = Fallen trunks; Hab_Ser = Leaf litter; Hab_Mac = Bromeliad. 1- Anthropic environment during dry season; 2 - Anthropic environment during rainy season; 3- Conserved environment during dry season; 4 - Conserved environment during rainy season. The regions with the largest extension and largest area indicate the locations with the highest abundance of individuals according to the MRPP ($p < 0.001$).

Table 1. Results of Tukey Test (pairwise mean differences) for statistical analysis of differences between mean substrate (ST) and body (BT) temperatures in population of *Gymnodactylus geckoides* sampled in Catimbau National Park between September 2018 and August 2019. Significant differences are highlighted with an asterisk (ST: above the diagonal and BT: below the diagonal).

	Above bromelids	Leaf litter	Rocky outcorps	Fallen trunk	Under bricks
Above bromelids		-2.758*	-2.186	-0.169	-2.344
Leaf litter	-2.640*		0.571	2.589	-5.103*
Rocky outcorps	-1.553	1.086		2.017	-4.531
Fallen trunk	-1.450	1.190	0.103		-2.513
Under bricks	1.623	-1.016	0.070	0.173	

Table 2. Variances analysis, using ANOVA test, of ecological patterns of individuals of *G. geckoides*, according to groups, seasonality and environment conditions in the study site, Catimbau National Park, municipality of Buique, Pernambuco state, between September 2018 and August 2019. (LI) = Ligthsome Intensity; (HU) = Humidity; (SH) = Substrate Height; (BT) = Body Temperature; (ST) = Substrate Temperature; (AT) = Air Temperature. *Significant variance ($p < 0.05$).

Factors	Analyzed conditions								
	Groups (Juvenile, Females, Males)			Season (Dry and Rainy)			Environment conditions (Anthropic and conserved)		
	F–value	df	*p*	*F–value*	df	*p*	*F–value*	df	*p*
AT	0.203	83	0.81	0.010	82	0.92	4.794	82	0.03*
ST	0.158	83	0.85	0.036	82	0.85	3.421	82	0.06
BT	0.784	83	0.46	0.044	82	0.83	6.210	82	< 0.01*
HU	0.336	83	0.71	1.043	82	0.31	5.693	82	< 0.01*
SH	0.457	83	0.63	0.883	82	0.35	0.021	82	0.88
LI	5.376	83	< 0.01*	2.268	82	0.13	2.751	82	0.1

Artigo a ser submetido à revista: Acta Tropica

Conceito: A4

Parâmetros ecológicos e influência de fatores bióticos e abióticos sobre a helmintofauna de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Phyllodactylidae) no domínio morfoclimático da Caatinga, Brasil

Leonardo Pessoa Cabus Oitaven [a,b] & Geraldo Jorge Barbosa de Moura [a,b,*]

[a] Programa de Pós-Graduação em Biociência Ciência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil

[b] Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetólogicos (LEHP), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil

[c] Laboratório de Parasitologia (LAPAR), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil

* Corresponding author at: Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil. E-mail addres: geraldo.jbmoura@ufrpe.br

Resumo: O estudo da relação parasito-hospedeiro constitui um aspecto de grande relevância no entendimento das dinâmicas populacionais, bem como interações ecológicas de um determinado hospedeiro e a região que habita. Como estudos prévios indicam, fatores bióticos (morfologia e dieta), assim como abióticos (sazonalidade) tendem a influenciar na intensidade de carga parasitária, o presente estudo buscou identificar a fauna de helmintos de *G. geckoides* em fragmento de Caatinga, bem como verificar redução e aumento da intensidade de infecção, considerando fatores bióticos e abióticos, das espécies de parasitos encontradas. O estudo foi realizado na unidade de conservação Parque Nacional do Catimbau, localizada na região central do estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. Foram capturados 83 indivíduos, dos quais 43 (51,8%) apresentaram helmintos: cistacantos de acantocéfalos (prevalência 47%; abundância média 1,61 ± 3,25; intensidade média 2 ± 3,99; 1 – 20), bem como nematódeos das espécies *Parapharyngodon alvarengai* (prevalência 15,7%; abundância média 0,25 ± 0,66; intensidade média 1 ± 0,74; 1 – 3), *Physaloptera lutzi* (prevalência 2,4%; abundância média 0,10 ± 0,64; intensidade média 4 ± 1,00; 3 – 5), larvas de *Physaloptera* sp. (prevalência 4,8%; abundância média 0,05 ± 0,24; intensidade média 1 ± 0,00; 1) e *Spauligodon oxkutzcabiensis* (prevalência 3,6%; abundância média 0,06 ± 0,36; intensidade média 1 ± 0,94; 1 – 3). O helminto de maior prevalência (acantocéfalo) revelou relação direta e significativa entre a intensidade de infecção com a morfologia ($\beta \pm SE = 6{,}421 \pm 1{,}555$, $z = 4{,}128$, $p < 0{,}001$), bem como alguns itens da dieta ($\beta \pm SE = 0{,}256 \pm 0{,}078$, $z = 3{,}251$, $p < 0{,}001$). Finalmente, a intensidade de acantocéfalos apresentou-se mais alta durante o período chuvoso, independente do sexo. O presente estudo representa o primeiro esforço para identificação de parâmetros ecológicos da relação parasito-hospedeiro em *G. geckoides*, além de incluir o Parque Nacional do Catimbau como nova localidade para os parasitos registrados. Comprimento corpóreo, bem como alguns conteúdos estomacais e intensidade de chuva revelaram efeito positivo nos índices de infecção, sejam fêmeas ou machos os hospedeiros.

Palvras-chave: Geckos, nematódeos, comprimento corpóreo, tipos de presa, seca, chuva.

1. Introdução

Informações a respeito da relação parasito-hospedeiro são de suma importância em diferentes perspectivas, inclusive na área da Conservação ambiental (Goldberg and Bursey 2001; Mendonza-Roldan et al., 2020). A perda de habitat e sua degradação, podem gerar transmissão de novos parasito e modificações nas intensidades de infecção em diversos hospedeiros, sendo diretamente vinculado a perdas populacionais e extinções de algumas espécies (Gray et al., 2009). Níveis de infecção também podem influenciar de forma direta o crescimento da população e seu sucesso reprodutivo, bem como teias tróficas, com parasitos debilitando seus hospedeiros primários e facilitando sua predação pelos hospedeiros seguintes, representando grandes ferramentas de flutuação populacional e sua dinâmica (Hudson et al., 1998; Albon et al., 2002; Marcogliese, 2002; Marcogliese 2004). Finalmente, o ciclo de vida complexo de alguns parasitos, bem como sua elevada sensibilidade, tornam esses organismos excelentes bioindicadores de mudanças ambientais (MacKenzie et al., 1995; Marcogliese 2005), indicando que mudanças nos níveis de infecção apresentam-se como potenciais ferramentas para estudo de conservação ambiental (Koprivnikar et al., 2012). Nesse contexto, lagartos são considerados bons modelos de estudos, seja para ecto ou endoparasitos, pois são terrestres, abundantes e de fácil captura (Vitt et al., 2007; Oitaven et al., 2019).

Devido à ampla diversidade e extensão de alguns domínios no Brasil, como a Caatinga (Costa and Bérnils, 2018), muitas espécies apresentam dados escassos na literatura sobre sua ecologia parasitária, a exemplo de *Gymnodactylus geckoides* Spix 1825, espécie amplamente distribuída neste domínio (Vanzolini, 2004; Costa and Bérnils, 2018). Devido à grandes variações climáticas, especialmente considerando os níveis de precipitação, a relação parasito-hospedeiro em *G. geckoides* pode ser influenciada, não somente pelas condições do hospedeiro, como também pela sazonalidade da região de estudo (Lima et al., 2017). Para esse lagarto, a literatura apresenta dados de identificação dessa espécie como hospedeiro de *Paradistomum rabusculum*, *Spauligodon oxkutzcabiensis*, *Physaloptera lutzi*, *Trichospirura* sp., *Piratuba* sp. e *Bertrandiella jimenezi* (Ávila and Silva, 2010; Goldberg et al., 2010;

Lima et al., 2017; Alcantara et al., 2019), enquanto os dados de descrição da relação parasito-hospedeiro permanecem limitados a populações presentes na região de Aiuaba, Ceará. Apesar de apresentar parâmetros parasitológicos conhecidos em algumas populações, a influência da dieta, morfológia sazonalidade sobre os níveis de infecção permanecem desconhecidos em *G. geckoides*.

A partir de uma definição mais acurada da dinâmica e estrutura da população, estudos da relação parasito-hospedeiro podem ajudar a preencher lacunas no conhecimento, especialmente com relação à história natural das espécies. No presente trabalho foram analisadas as seguintes condições: i) composição e estrutura da fauna parasitária de *G. geckoides* provenientes do Parque Nacional do Catimbau; ii) determinação dos índices parasitológicos para espécies de nematódeos encontrada para indicar níveis de infecção na população estudada; iii) análises de influência do tamanho corpóreo, sexo, sazonalidade e dieta do hospedeiro sobre as cargas parasitárias dos hospedeiros capturados.

2. Material e Métodos

O presente estudo foi aprovado pelo Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBIO/SISBIO #64455-1) e pelo Comitê de Ética do Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CEUA/UFRPE #123/2018).

2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado na Unidade de Conservação (UC) Parque Nacional do Catimbau, unidade localizada no centro do estado de Pernambuco, Vale Ipanema, compreendendo os municípios de Buíque, Sertânia, Ibimirim e Tupanatinga. Essa unidade constitui um remanescente de Caatinga, abrangendo uma área de aproximadamente 62.300 ha (Ferreira, 2010; IBGE, 2017). O clima da região é semiárido, com a precipitação mensal variando de 0 a 256 mm, enquanto a temperatura anual apresenta uma média de 23°C (Sousa et al., 2012; INMET, 2019), contendo vegetação tipicamente característico de ambiente semi-árido: arbustiva e espinhosa. Considerando variações de precipitação, o Parque Nacional do Catimbau apresenta o período de seca

entre os meses de setembro a fevereiro, enquanto o período chuvoso se concentre desde março até agosto (Ferreira, 2010; INMET, 2019).

2.2 Coleta e processamento dos animais

Os lagartos foram coletados por busca ativa, sendo essas realizada coletas manuais de forma mensal, uma diurna (9:00 às 13:00) e outra noturna (16:00 às 20:00). As coletas foram feitas desde setembro de 2018 até agosto de 2019, sendo capturados indivíduos em diferentes localidades em um perímetro de 5 km. Cada indivíduo coletado foi devidamente separado, de acordo com o mês de coleta e em diferentes grupos: adulto macho, adulto fêmea e juvenil. Os indivíduos capturados foram classificados em seus respectivos grupos de acordo com a análise dos órgãos sexuais: fêmeas contendo ovários e ovos no oviduto, machos contendo testículos e juvenis condições imaturas dos órgãos sexuais (< 0.03 mm) (Galdino et al., 2003; Serrano-Cardozo et al., 2007). Após a coleta, o comprimento rostro-cloacal (CRC) e massa dos indivíduos foi aferido com auxílio de paquímetro (0.01 mm) e balança digital (0.001 g), sendo em seguida eutanasiados com e quetamina líquida, fixados com formol 10% e conservados em álcool 70%. Os indivíduos capturados foram depositados na coleção Herpetológica e Paleoherpetológica da UFRPE.

2.3 Coleta e processamento de parasitos

Em cada espécime, foi realizada uma incisão longitudinal, da garganta à cloaca, com finalidade de remover órgãos internos (fígado, pulmões e trato gastrointestinal), os quais foram vistoriados em busca de helmintos, utilizando estereomicroscópios (Ávila et al., 2012). Os parasitos encontrados foram fixados em AFA (etanol 70ºGL, formalina e ácido acético glacial), conservados em álcool 70%, sendo clarificados com lactofenol de Aman (Amato and Amato, 2010) e montados temporariamente em lâminas. Os parasitos encontrados foram identificados, pelo departamento de identificação do Laboratório de Parasitologia (CPLAPAR), de acordo com Vicente et al. (1993); Anderson et al. (2009) e artigos científicos especializados. Após a identificação os parasitos foram tombados na Coleção Parasitológica do Laboratório de Parasitologia (CPLAPAR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

A incisão longitudinal também proporcionou a remoção e identificação do conteúdo estomacal até o menor nível taxonômico possível (Ordem) (Colli et al., 2003). A partir desse processo, foi possível verificar os tipos de presa de maior importância na dieta de *G. geckoides* (Isoptera e Coleoptera) (dados não publicados). O índice de importância foi calculado a partir de estômagos agrupados utilizando a seguinte fórmula: IPS = (%N + %V+ %F)/3, onde N representa o percentual númerico, V o percentual de volume e F o percentual de frequência de presas ingeridas.

2.4 Análise de dados

Os parâmetros de ecologia parasitária analisados foram prevalência (hospedeiros infectados por determinado parasito/ total de hospedeiros analisados x 100), intensidade média (número total de uma dada espécie de parasito entre os hospedeiros infectados) e abundância média de infecção (número total de uma dada espécie de parasito dividido pelo número total de hospedeiros analisados), de acordo com Bush et al. (1997). A média de intensidade de infecção foi associada com o SVL do hospedeiro, bem como com as estações do ano (seca e chuvosa), as quais foram definidas de acordo com o período de níveis de chuva elevados (Mar – Jul) e reduzidos (Ago – Fev) (INMET, 2019).

Foi utilizado o teste de correlação de Spearman para anlisar a influência do tamanho corpóreo do hospedeiro sobre a intensidade de parasitos, sendo a mesma representada graficamente visando demonstrar, em percentagem, a incidência de indivíduos infectados em cada intervalo de SVL determinado (Zar, 1999; Anjos et al., 2005). Para determinar a variância na comunidade de parasitos, de acordo com as diferenças morfológicas e de dieta, considerando as presas de maior importância para o hospedeiro (Isoptera e Coleoptera), foi utilizado um Modelo Bivariado de Regressão Logistica (BLM), sendo o mesmo elaborado através do pacote *VGAM* (Zar, 1999). Com relação aos parâmetros sazonais e intersexuais, a intensidade de parasitos foi comparada a partir do teste ANOVA, utilizando as estações seca e chuvosa, bem como fêmeas e machos como covariantes, sendo o mesmo rodado através dos pacotes *Rmisc* e *lsmeans* (Zar, 1999). Finalmente, foi calculado o Índice de Agregação para cada táxon, utilizando o Índice de Dispersão, dividindo a Variância pela Média de Parasitos (Von-Zuben, 1997;

Amarante et al., 2015), sendo todos realizados no programa R (v3.0.2 R Development Core Team 2013).

3. Resultados

No total, foram analisados 83 exemplares, sendo 39 fêmeas, 36 machos e oito juvenis. Indivíduos adultos, os quais incluíram 75 exemplares (> 30 mm), apresentaram uma média de SVL de 40,79 ± 4,46 mm (range: 30,95 – 47,25 mm). De todos os indivíduos analisados, 43 apresentaram helmintos (51,8%). Dentre os hospedeiros parasitados, nove espécimes (20,9%) estavam parasitados por mais de uma espécie de helminto.

Foram coletados 172 helmintos, sendo 134 cistacantos (larvas) de acantocéfalos, encontrados na cavidade celomática (aderidos à parede do trato gastrointestinal, fígado e pulmão), e nematódeos das espécies *Parapharyngodon alvarengai*, *Physaloptera lutzi*, larvas de *Physaloptera* sp. e *Spauligodon oxkutzcabiensis*. Os parâmetros ecológicos de cada parasito são apresentados na tabela 1.

Com relação ao helminto mais prevalente (Acantocephala), parâmetros de SVL e dieta apresentaram relação positiva e significativa, revelando que um maior SVL dos hospedeiros também indica maior carga parasitária ($\beta \pm SE = 6{,}421 \pm 1{,}555$, $z = 4{,}128$, $p < 0{,}001$) (Figura 2). Com relação à dieta, análises de GLM revelaram relação significativa com a ingestão de coleópteros ($\beta \pm SE = 0{,}256 \pm 0{,}078$, $z = 3{,}251$, $p < 0{,}001$), o que não foi visto para Isoptera ($\beta \pm SE = -0{,}006 \pm 0{,}013$, $z = -0{,}494$, $p = 0{,}621$). A sazonalidade também revelou variação significativa na abundância de parasitos (ANOVA $F_{1,166} = 5.70$; Df = 81; $p < 0.01$), indicando maior intensidade de parasitos durante períodos chuvosos. Por outro lado, fêmeas e machos não apresentaram variação significativa na intensidade de infecção por acantocéfalos (ANOVA $F_{1,205} = 1.57$; Df = 73; $p = 0.21$), independente da sazonalidade (Figura 3).

De acordo com os níveis de agregação, o parasito mais prevalente revelou taxas similares de agregação entre fêmeas e machos, enquanto a sazonalidade apresentou maiores taxas de agregações durante períodos de chuva abundante. Animais com maior

SVL também tendem a apresentar níveis de agregação mais elevados em relação aos animais com menor SVL (Tabela 2).

4. Discussão

Os lagartos são hospedeiros de uma ampla gama de parasitos, inclusive helmintos, podendo atuar como hospedeiros definitivos, intermediários ou paratênicos (Anjos et al., 2005; Ávila and Silva, 2010; Ávila et al., 2012; Lima et al., 2017; Oitaven et al., 2019). Alguns estudos têm demonstrado que a interação arasito-hospedeiro pode revelar não somente agentes patogênicos, como também padrões da dinâmica populacional (Goldberg and Bursey, 2001; Campião et al., 2012).

Dos helmintos identificados, todos os nematódeos apresentam registros prévios para *G. geckoides*, considerando outras populações estudadas no domínio da Caatinga no estado do Ceará (Avila and Silva, 2010; Lima et al., 2017; Alcantara et al., 2019). Entretanto, o presente estudo revela os primeiros indícios de abundância média para os nematódeos *Spauligodon oxkcutzcabiensis* e *Physaloptera lutzi*. Além disso, o presente estudo apresenta o Parque Nacional do Catimbau como nova localidade de ocorrência para todas as espécies de parasitos encontradas. Todos os parasitos identificados no presente estudo são parasitos generalistas de lagartos, sendo encontrados em diversas espécies, seja da mesma família ou de famílias distintas (Ávila and Silva, 2010; Ávila et al., 2012; Lima et al., 2017).

Como previamente reportado em outros Geckos, os helmintos encontrados em *G. geckoides* apresentam ciclo de vida indireto (heteroxeno) (Sousa et al., 2014; Oitaven et al., 2019). Os acantocéfalos, parasitos mais prevalentes, tendem a estar fortemente associado à dieta, especialmente à ingestão de coleópteros, e à sazonalidade. Uma vez que este tipo de presa apresenta maior disponibilidade na Caatinga durante o período de chuva abundante, não é surpreendente que ocorra também uma maior intensidade de infecção durante tal período (Vitt and Colli, 1994; Vasconcellos et al., 2010). *G. geckoides* pode atuar como hospedeiro paratênico de acantocéfalos, que utilizam como hospedeiros definitivos aves e mamíferos (Vircibradic et al., 2002; Anjos et al., 2005; Oitaven et al., 2019). Os nematódeos registrados, por sua vez, podem utilizar uma ampla

gama de insetos como hospedeiros intermediários, e os lagartos atuam como seus hospedeiros finais (Anderson, 2000; Lima et al., 2017; Oitaven et al., 2019). O hábito terrestre e a tática de forrageio senta-espera também tendem a favorecer às infecções pelos helmintos registrados no presente estudo (Ávila et al., 2012).

Com relação à morfologia e sexo, o SVL apresentou relação significativa com a intensidade de infecção de acantocéfalos, o que pode estar associado com diversos fatores, como maior oportunidade de ingestão de presas contaminadas por indivíduos maiores (Anjos et al., 2005; Viana et al., 2010), bem como maior espaço para compartilhar recursos dos hospedeiros (Oliveira et al., 2016; Oitaven et al., 2019). Por outro lado, a redução da imunidade do hospedeiro, em estágios mais avançados do crescimento também tende a gerar aumento na intensidade de infecção (Oitaven et al., 2019). Portanto, o parasitismo tende a estar associado com o período de maturidade dos indivíduos, bem como o princípio da maior ingestão de presas contaminadas e imunidade do hospedeiro (Viana et al., 2010; Alcantara et al., 2019; Oitaven et al., 2019). Como fêmeas e machos apresentam morfologia similar, além de ingestão de tipos, volume e quantidade de presas, bem como uso de micro-habitat, a intensidade não apresenta variação entre os grupos (Oitaven et al., 2019).

De acordo com os níveis de agregação, os helmintos tendem a apresentar grande influência da sazonalidade, bem como da morfologia dos hospedeiros (Von Zuben, 1997). Os maiores níveis de agregação em indivíduos com maior SVL normalmente estão associados à maior ingestão de presas contaminadas, especialmente após atingirem o estágio de maturação (Vitt, 1995, Luque et al., 2005; Reboredo-Fernandez et al., 2017), o que também pode estar vinculado à disponibilidade de hospedeiros intermediários no ambiente (coleópteros), que é otimizada, especialmente, no período de chuva abundante, bem como está relacionada com táticas de forrageio e micro-habitat utilizado pelo hospedeiro (Von Zuben, 1997; Amarante et al., 2015). Por outro lado, a ausência de dimorfismo sexual e similaridade na ingestão de presas e uso de micro-habitat, contribuem para que os níveis de agregação sejam similares entre fêmeas e machos (Poulin, 2013; Václav et al., 2017).

O presente estudo corrobora resultados prévios realizados em áreas de Caatinga na região Nordeste do Brasil, considerando as espécies de helmintos identificados em *G. geckoides* (Lima et al., 2017; Alcantara et al., 2019). Além disso, representa o primeiro esforço para analisar a influência de fatores ambientais, bem como da morfologia e dieta do hospedeiro em associação com a carga parasitária no domínio morfoclimático da Caatinga. Os resultados obtidos contribuem de forma significativa para os conhecimentos sobre ecologia parasitária de *G. geckoides* e para a conservação da espécie e do domínio da Caatinga.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a todas as pessoas que participaram das pesquisas de campo, em busca dos lagartos, assim como a busca por parasitos. Além disso, os autores gostariam de agradecer ao Programa de Ecologia de Longa Duração (PELD), pelo surporte da base em campo e alguns equipamentos, e finalmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro ao projeto.

Referências

Albon, S.D., Stien, A., Irvine, R.J., Langvatn, R., Ropstad, E., Halvorsen, O., 2002. The role of parasites in the dynamics of a reindeer population. Proceedings of the Royal Society of London, Series B 269,1625–1632

Albuquerque, S., Ávila, R.W., Bernarde, P.S., 2012. Occurrence of helminths in lizards (Reptilia: Squamata) at Lower Moa River Forest, Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. Comp. Parasitol. 79(1), 64 – 67.

Alcantara, E. P., Ferreira-Silva, C., Goncalves-Sousa, J. G., Morais, D. H., Avila, R. W., 2019. Feeding ecology, reproductive biology, and parasitism of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 from a Caatinga area in northeastern Brazil. Herpetological Conservation and Biology 14(3), 641 – 647.

Amarante, C.F.D., Tassinari, W.D.S., Luque, J.L., Pereira, M.J.S., 2015. Factors associated with parasite aggregation levels in fishes from Brazil. Rev. Bras. Parasitol. Veterinária 24(2), 174 – 182.

Anjos, L.A., Rocha, C.F.D., Vrcibradic, D., Vicente, J.J., 2005. Helminths of the exotic lizard *Hemidactylus mabouia* from a rock outcrop area in southeastern Brazil. J. Helminthol. 79(4), 307–313.

Ávila, R.W., Silva, R.J., 2010. Checklist of helminths from lizards and amphisbaenians (Reptilia, Squamata) of South America. J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis. 16 (4), 543 – 572.

Ávila, R.W., Anjos, L.A., Ribeiro, S.C., Morais, D.H., da Silva, R.J., Almeida W.O., 2012. Nematodes of lizards (Reptilia: Squamata) from Caatinga biome, northeastern Brazil. Comp. Parasitol. 79(1), 56 – 63.

Barreto-Lima, A. F., Anjos, L. A. D., 2014. Occurrence of *Strongyluris oscari* (Nematoda; Heterakidae) in *Enyalius bilineatus* (Squamata: Leiosaurinae) from the Brazilian Atlantic Forest. Notes 7, 455 – 456.

Benelli, G., Duggan, M.F., 2018. Management of arthropod vector data – social and ecological dynamics facing the One Health perspective. Acta Tropica 182, 80–91.

Bertrand, M., Kukushkin, O., Pogrebnyak, S., 2013. A new species of mites of the genus Geckobia (Prostigmata, Pterygosomatidae), parasitic on Mediodactylus kotschyi (Reptilia, Gekkota) from Crimea. Vestn. Zool. 47 (2), 1–13.

Borroto-Páez, R., Rivera, C.C.M., Pérez, D.R., 2020. Mites (*Geckobia hemidactyli*, Actinedida: Pterygosomatidae) in Tropical House Geckos (*Hemidactylus mabouia*) in Cuba: A review with new distribution records. Reptiles & Amphibians 27(3), 382 – 389.

Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., Shostak, A.W., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: margolis et al. revisited. J. Parasitol. 83, 575–583.

Cassimiro, J., Rodrigues, M.T., 2009. A new species of lizard genus *Gymnodactylus* Spix, 1825 (Squamata: Gekkota: Phyllodactylidae) from Serra do Sincorá, northeastern Brazil, and the status of *G. carvalhoi* Vanzolini, 2005. Zootaxa 2008, 38 – 52.

Colli, G.R., Mesquita D.O., Rodrigues P.V.V., Kitayama K., 2003. Ecology of the Gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical Savanna. Journal of Herpetology 37(4), 694 – 706.

Costa, H.C., Bérnils, R.S., 2018. Répteis brasileiros: lista de espécies. Herpetologia Brasileira 7 (1), 11–75.

Cunha-Barros, M.L., Van Sluys, M.L., Vrcibradic, D., Galdino, C. A. B., Hatano, F.H.L., Rocha, C.F.D.L., 2008. Patterns of infestation by chigger mites in four diurnal lizard species from a Restinga habitat (jurubatiba) of Southeastern Brazil. Brazilian Journal Biology 63(3): 393 – 399.

Delfino, M. M. S., Ribeiro, S. C., Furtado, I. P., Anjos, L. A., Almeida, W. O., 2011. Pterygosomatidae and Trombiculidae mites infesting *Tropidurus hispidus* (Spix, 1825) (Tropiduridae) lizards in northeastern Brazil. Brazilian Journal of Biology 71(2), 549 – 555.

Ferreira, B., 2010. A região semi-árida nordestina: utilização de dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. Ciência e Natura 32(1), 143–158.

Galdino, C. A., Assis, V.B., Kiefer, M.C., Van Sluys, M., 2003. Reproduction and fat body cycle of *Eurolophosaurus nanuzae* (Sauria; Tropiduridae) from a seasonal montane habitat of southeastern Brazil. Journal of Herpetology 37(4), 687–694.

Goldberg, S.R., Bursey, C.R., 2001. Intestinal helminths of seven species of gekkonid lizards (Sauria: Gekkonidae) from Western Australia. JR Soc. West. Aust 84, 23–27.

Goldberg, S. R., Bursey, C. R., Vitt, L. J., 2010. *Gymnodactylus geckoides*. Endoparasites. Herpetological Review 41(2), 223.

Gray, M.J., Miller, D.L., Hoverman, J.T., 2009. Ecology and pathology of amphibian ranaviruses. Diseases of Aquatic Organisms 87(3), 243–266.

Hudson, P.J., Dobson, A.P., Newborn, D., 1998. Prevention of population cycles by parasite removal. Science 282(5397), 2256–225.

IBGE (2017) Instituto Brasileiro Geográfico Estatístico. Cartas e Mapas: Brasil Informaçoes ambientais (Brasil: Informações ambientais | IBGE) (last acess at 12/09/2019).

ICMBio (2019) Parque Nacional do Catimbau. Parna do Catimbau — Português (Brasil) (www.gov.br) (last acess at 12/09/2019).

INMET (2019) Instituto Nacional de Meteorologia. Inmet: Mapa de Estações (last acess at 12/09/2019).

Lima, V. F., Brito, S. V., Araujo, J. A., Teles, D. A., Ribeiro, S. C., Teixeira, A. A., Almeida, W. O., 2017. Helminth parasites of Phyllodactylidae and Gekkonidae lizards in a Caatinga ecological station, northeastern Brazil. Biota Neotropica 17(4).

MacKenzie, K., Williams, H.H., Williams, B., McVicar, A.H., Siddall, R., 1995. Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. Advances in Parasitology 35, 85–144.

Marcogliese, D.J., 2002. Food webs and the transmission of parasites to marine fish. Parasitology 124(7), 83–99.

Marcogliese, D.J., 2004. Parasites: small players with crucial roles in the ecological theatre. EcoHealth 1, 151–164.

Marcogliese, D.J., 2005 Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health? International Journal for Parasitology 35, 705–716.

Mendoza-Roldan, J., Ribeiro, S.R., Castilho-Onofrio, V., Grazziotin, F.G., Rocha, B., Ferreto-Fiorillo, B., Barros-Battesti, D.M., 2020. Mites and ticks of reptiles and amphibians in Brazil. Acta tropica 208, 105 – 515.

Oitaven, L. P. C., da Silva Ribeiro, F., de Moura, G. J. B., de Oliveira, J. B., 2019. Parasites of *Gymnodactylus darwinii* Gray, 1845 (Squamata, Phyllodactylidae) from an Atlantic Rainforest fragment. Acta tropica 192, 123 – 128.

Oitaven, L. P. C., de Moura, G. J. B., da Silva Ribeiro, F., Lisboa, E. B. F., de Oliveira, J. B., 2021. Nematodes of *Amphisbaena vermicularis* Wagler, 1824 (Squamata, Amphisbaenidae) from Brazilian Atlantic Forest remnants. Journal of Natural History 55 (19 – 20), 1227 – 1236.

Proença, A.L., (2010). Reconhecimento Arqueológico na Região do Catimbau: Prospecção Geoprocessamento e Estratigrafias no Contexto Arqueológico. Rev. Bras. Geog 27(2. Esp), 289 – 301.

Quiroz-Gutiérrez, C.G., Paredes-León, R., Roldán-Rodríguez, J., Pérez, T.M., 2015. Dos especies nuevas de ácaros de los géneros Geckobia y Bertrandiella (Acari: Prostigmata: Pterygosomatidae) ectoparásitos del gecko endémico Phyllodactylus microphyllus (Squamata: Phyllodactylidae) del cerro Campana, La Libertad, Perú. Rev. Mex. Biodivers 86(2), 310–318.

Rocha, C.F.D., Cunha-Barros, M., Menezes, V.A., Fontes, A.F., Vrcibradic, D., Van Sluys, M., 2008. Patterns of infestation by the trombiculid mite *Eutrombicula alfreddugesi* in four sympatric lizard species (genus *Tropidurus*) in northeastern Brazil. Parasite 15(2), 131 – 136.

Václav, A. B. H. P., Anjos, L. A., Queiróz, M. S., Nascimento, L. B., Galdino, C. A. B. 2017. Nematode infection patterns in a Neotropical lizard species from an insular mountain habitat in Brazil. Journal of helminthology 91(5), 578 – 582.

Vanzolini, P. E. 2004. On the geographical differentiation of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Sauria, Gekkonidae): speciation in the Brasilian caatingas. Anais da Academia Brasileira de Ciências 76(4), 663 – 698.

Viana, L. A., Paiva, F., Coutinho, M. E., Lourenço-de-Oliveira, R. 2010. *Hepatozoon caimani* (Apicomplexa: Hepatozoidae) in wild caiman, *Caiman yacare*, from the Pantanal Region, Brazil. Journal of Parasitology 96(1), 83 – 88.

Vitt, L. J. 1995. The ecology of tropical lizards in the caatinga of northeast Brazil. Oklahoma Museum of Natural History 1, 1 – 29.

Vitt, L.J., Shepard, D.B., Caldwell, J.P., Vieira, G.H.C., França, F.G.R., Colli, G.R., 2007. Living with your food: geckos in termitaria of Cantão. J. Zool. 272 (3), 321–328.

Von Zuben, C.J., 1997. Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. Revista de Saúde Pública 31, 523–530.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Pearson Education, India.

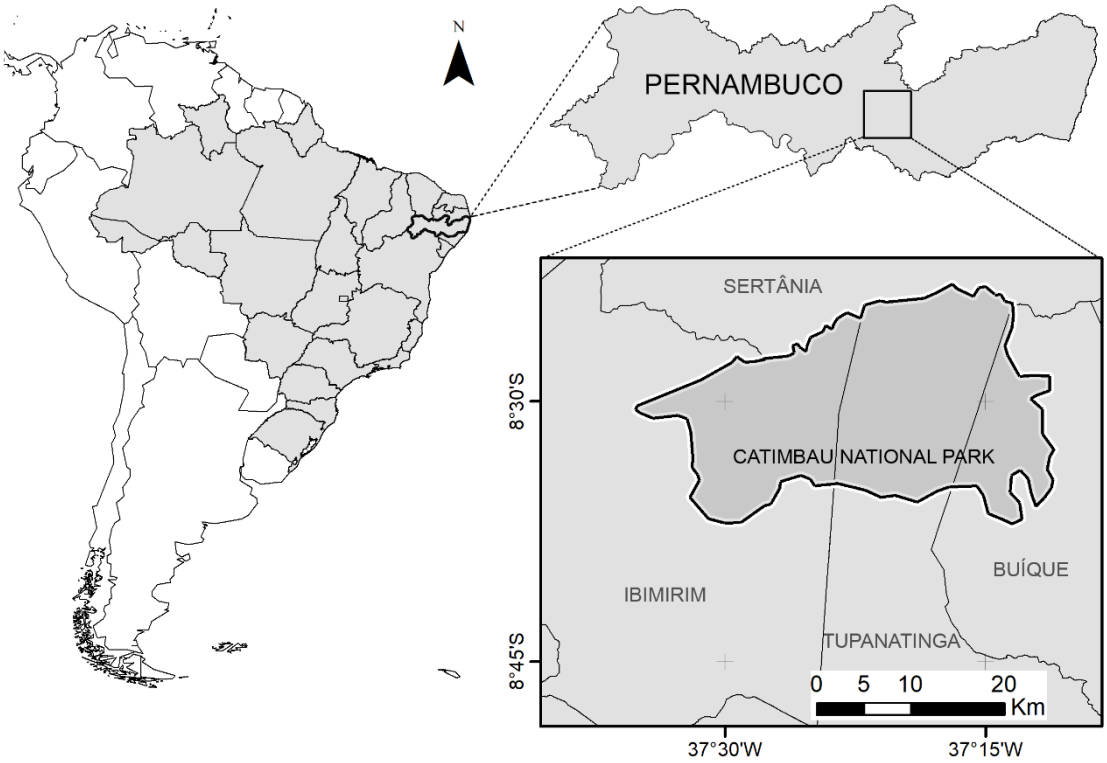

Figura 1. Mapa do estado de Pernambuco (PE) com a localização do Parque Nacional do Catimbau e os limites com os municípios bordeando a UC, Nordeste, Brasil.

Tabela 1. Parasitos de *Gymnodactylus geckoides* (Squamata, Phyllodactylidae) no domínio morfoclimático da Caatinga na região do Catimbau National Park, Nordeste do Brasil, de setembro de 2018 a agosto de 2019. (N) número de parasitos; (P) prevalência; (MI) intensidade de infecçao média, (MA) média de abundância, (SE) erro padrão.

Parasites	Site of Infection	N	P (%)	MI (± SE)	MA (± SE)	Intensity (range)
Acanthocephala						
non-identify cystacanths	Celomatic cavity (Intestine; stomach; liver; lungs)	134	47.0	2 ± 3.99	1.61 ± 3.25	1 – 20
Nematoda						
Parapharyngodon alvarengai	Intestine	21	15.7	1 ± 0.74	0.25 ± 0.66	1 – 3
Physaloptera lutzi	Stomach	8	2.4	4 ± 1.00	0.10 ± 0.64	3 – 5
Physaloptera sp. (larvae)	Stomach	4	4.8	1 ± 0.00	0.05 ± 0.24	1
Spauligodon oxkutzcabiensis	Intestine	5	3.6	1 ± 0.94	0.06 ± 0.36	1 – 3

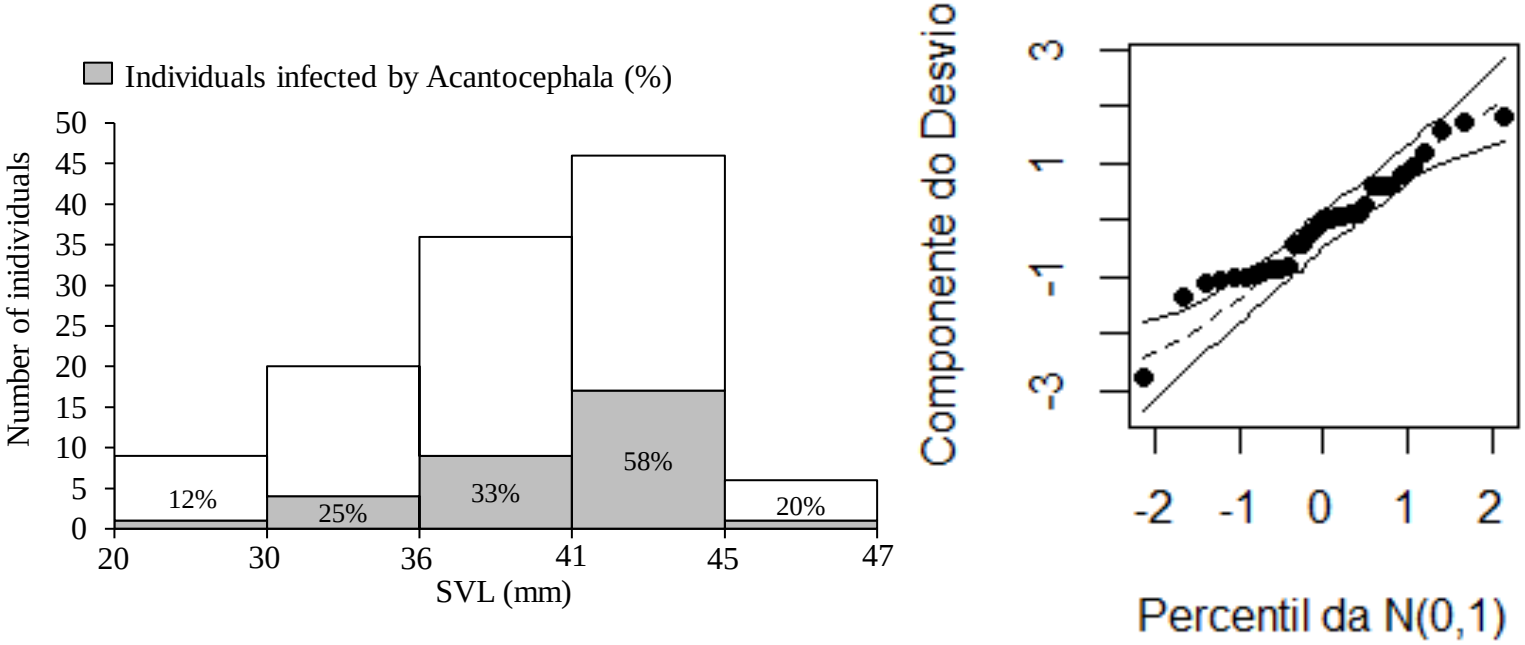

Fig. 2. Correlação entre a intensidade de infecção por Acanthocephala e o comprimento-rostro-cloacal (SVL) em *Gymnodactylus geckoides* no domínio morfooclimático da Caatinga, no Parque Nacional do Catimbau, Nordeste do Brazil, de setembro de 2018 até agosto de 2019.

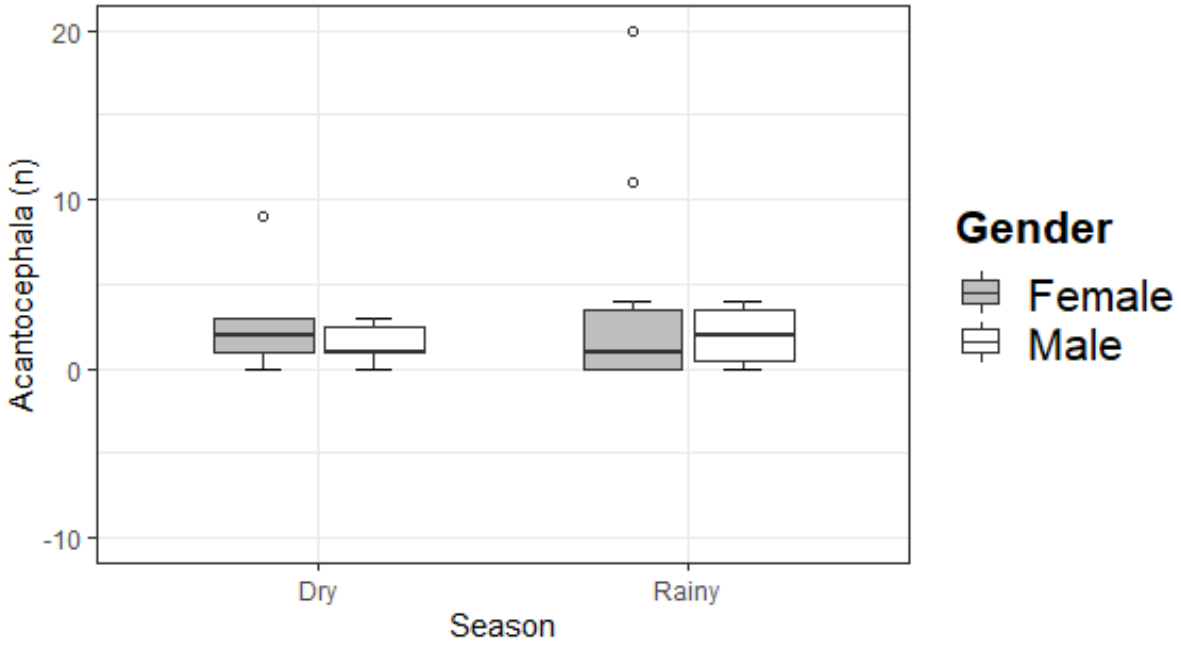

Fig. 3. Variação da intensidade de Acanthocephala (n), em *Gymnodactylus geckoides*, durante as estações seca e chuvosa, considerando fêmeas e machos, no domínio morfoclimático da Caatinga no Parque Nacional do Catimbau, nordeste do Brasil, de setembro de 2018 até agosto de 2019.

Table 3. Distribuição da média de agregação e intervalo de confiança (0.05%) de parasitos em *Gymnodactylus geckoides* no domínio morfoclimático da Caatinga no Parque Nacional do Catimbau, de acordo com sazonalidade, sexo e morfologia, de setembro de 2018 até agosto de 2019, nordeste do Brasil.

Variable	Category	Acantocephala
Season	dry	11.40 (10.42;12.38)
	rainy	35.47 (33.21;37.73)
Sex	female	9.02 (7.95;10.09)
	male	10.12 (9.39;10.85)
SVL	< 40 mm	4.25 (2.86; 5.68)
	> 40 mm	50.33 (49.80;50.86)

Artigo a ser submetido à revista: Herpetological Conservation and Biology

Conceito: A4

Relationships Between Body Growth Indices and Environmental Factors in *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamata, Gymnophthalmidae) population from a Caatinga Remnant in Northeast Brazil

Leonardo P.C Oitaven[1]; Juan S.M Gonzalez[2,3]; Geraldo J.B de Moura[1,4]

[1] *Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE.*

[2] *Laboratori d'Ecologia de Vertebrats Terrestres, Institut "Cavanilles" de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València, C/ Catedrático José Beltrán nº 2 E-46980, Paterna, València, Spain.*

[3] *Departament de Microbiologia i Ecologia, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50 E-46100, Burjassot, València, Spain.*

[4] *Corresponding author. E-mail: geraldojbm@ufrpe.br*

Short title. – Energetic cycle and reproductive activity in *Gymnodactylus geckoides* in the Caatinga

Abstract. – In this study we analyzed the cycles of lipid (RFB), hepatic (RWL), and gonadal masses (RGS), in addition to the condition factor (K1) and gonad volume, of female and male *Gymnodactylus geckoides* in the Caatinga biome, northeast Brazil. Using individuals collected between September 2018 and December 2021, we investigated whether these proxies of body condition changed in response to variation in environmental abiotic factors (i.e., humidity, temperature, and precipitation). The condition factor (K1) revealed an isometric growth pattern in the studied population, while the RFB, RWL and RGS correlated with body growth and showed monthly and seasonal variation, especially in females. The body indices did not explain the appearance of the species in face of different precipitation amounts (low or high precipitation levels), but gonad volume varied significantly in males, which showed enlarged, more robust testes in rainy periods. Abiotic factors exerted varying effects on body indices and gonads. In females, RFB decreased with increasing temperature and decreasing precipitation, while RGS showed a reduction with increasing humidity. In males, gonad volume increased with increasing temperature and humidity. The snout-vent length (SVL) showed a significant and positive relationship with gonad volume in both females and males. Our study—the first one to investigate energy cycles and reproductive strategies in *G. geckoides*—revealed that this species stores greater amounts of energetic reserves during the rainy season and then depletes these reserves during the dry period, when energy consumption increases due to gestation and egg deposition by females.

Key words. – brood; energy cycle; gecko; reproductive activity; endogenous factors; exogenous factors.

INTRODUCTION

Terrestrial animals, especially ectotherms such as Squamata, use biochemical mechanisms to build up (Pinilla 1995; Schaffner 1998) and accumulate energy reserves in a short time span (Derickson 1976; Norval et al. 2019). In lizards, the accumulation and use of energy reserves (i.e., energetic cycle) varies temporally and ontogenetically, and are mostly directed to vital activities including body growth, survival, and reproductive activity (Derickson 1976; Cheng 1987; Galdino et al. 2003; Ramirez-Bautista et al. 2006; Norval et al. 2019; Paz et al. 2019). Although lizards have efficient feeding strategies that facilitate energy storage, the energetic cycle is ultimately influenced by abiotic factors, such as temperature, precipitation, and photoperiod (Benabib 1994; Ramirez-Bautista and Vitt 1997; Norval et al. 2019).

Seasonal and annual variation in environmental variables often correlates with variation in natural history traits of a population (Sexton and Brown 1977; Benabib, 1994). Food availability and abiotic factors (e.g., temperature, precipitation, and humidity), for example, can affect growth rates and reproductive strategies, including time and duration of the reproductive event, brood size and frequency, and the period and size at which individuals reach sexual maturity (Ramirez-Bautista and Vitt 1997; Bautista and Bercerill, 2004). Lizard populations and individuals can also show variation in different proxies of energy reserve, including the condition factor (K1) (Le Cren 1951; Galdino et al. 2003), the lipid index (RFB) (Derickson 1976; Sexton and Brown 1977; Paz et al. 2019), the hepatic index (RWL) (Schaffner 1998; Ramírez-Bautista et al. 2006; Norval et al. 2019), and the gonadossomatic index (RGS) (Pinilla 1995; Ramirez-Bautista and Vitt 1997; Sánchez- Hernández et al. 2013).

Due to high diversity of lizards in the tropical region, information on indices of energy reserves is scarce or even unknown for most species, especially in dry tropical forests. This is the case of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825, a species widely distributed in the Caatinga domain, occurring from the states of Rio Grande do Norte to Bahia, and throughout the states of Tocantins, Goiás, and Mato Grosso (Costa and Bérnils 2018; Alcântara et al. 2019). Previous studies with neotropical lizards have shown that energetic cycles are regulated mostly by food availability, patterns of reproductive investment, and variation in abiotic factors (Derickson, 1976; Cheng 1987; Benabib 1994; Galdino et al. 2003; Ramirez–Bautista et al. 2003; al. 2006; Ramírez-Bautista et al. 2009; Norval et al. 2019; Paz et al. 2019; Guedes et al. 2020). For sexually mature individuals, energy reserves tend to diminish as reproductive activities demands high investment in spermatogenesis, oogenesis, gestation, development of gonads, concurrently with investment in body growth and survival (Ramírez-Bautista and Vitt 1997; Ramirez–Bautista et al. 2006; Paz et al. 2019).

In this study we analyzed the cycles of lipid, hepatic, and gonadal masses, in addition to the condition factor and gonad volume, of a population of *G. geckoides* from the Caatinga morphoclimatic domain, Northeastern Brazil. We aimed to answer the following questions: (1) What are the minimum body dimensions reached by sexually mature males and females? (2) What are the minimum values and type of growth factor presented in the studied population? (3) Do energy reserves and growth factor of females and males vary throughout the year? (4) How does seasonal variation in precipitation, temperature and humidity affect the energy reserves of female and male *G. geckoides*? Given that the Caatinga domain has a marked seasonal climate, we hypothesize that the

body indices representing different energy reserves vary seasonally with precipitation, humidity, and air temperature, and are associated with several vital activities and bodily structures in *G. geckoides*.

MATERIAL AND METHODS

Study area

We carry out the study in the Catimbau National Park (692781.38E; 9050296.71S), a remnant of Caatinga vegetation located in the Ipanema Valley, central region of the state of Pernambuco, Brazil, encompassing an area of approximately 62,300 ha in the municipalities of Buíque, Sertânia, Ibimirim and Tupanatinga (Fig. 1) (Ferreira 2010; Pedrosa et al. 2014). The local climate is semi-arid, with monthly precipitation ranging from 0 to 256 mm, while the mean annual temperature is around 23°C (Proença 2010; Pedrosa et al. 2014). We defined the dry and the rainy seasons as a constant process (Fig. 2), in which the dry season (September to February) presented reduced precipitation levels (4 – 94 mm) but greater variation in air temperature (28 – 33 °C). The rainy season (March to August), in turn, had higher precipitation levels (38 – 188 mm) and more constant air temperatures (28 – 30 °C). We obtained data on monthly air temperature (°C) and rainfall (mm) levels from the Pernambuco Water and Climate Agency database (APAC), based on meteorological stations neighboring the study site (APAC 2019).

Data collection

We captured lizards monthly between September 2018 and August 2019 using the active search method, which consists of searching for individuals in different

microhabitats and collecting them manually. We searched by a trail, walking aproximately 500 m, for 30 min, at hourly intervals for three days, during four hours by the day, as well as four hours by the night, usually with collections made by a pair of observers, comprising aproximately 576 hour/men. Given that the region of Picuí, Paraíba, presents climatic conditions similar, as well as microhabitats, to those of our study area (i.e., limited amounts of rainfall and constant high temperatures), we added to our sample size individuals captured in 2021 in the Picuí region, totaling 108 captured individuals, 44 of which were females and 64 males. We also included to our sample size 54 specimens collected in 2014 in Catimbau National Park, increasing the sample size to 162 individuals (66 females and 96 males). The mean number of individuals collected per month during the years 2018 and 2021 was 8 (range = 4 – 15; Table 1). We euthanized the individuals collected using intramuscular liquid ketamine.

We fixed the euthanized specimens in formaldehyde (10%), preserved them in alcohol (70%), and deposited them at Herpetological and Paleoherpetological Collection of the Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/LEHP), voucher number: x. The Picuí individuals were deposited at the Collection of the Laboratory of Anuran Biology of the Universidade Federal de Campina Grande (CES/LABAN; vouchers: LBN 024, 026, 036, 064, 092 – 093, 138 – 139, 145, 148, 152, 155 – 156, 159 – 160, 173 – 174, 190, 193, 250 – 252, 255, 258, 307, 309 – 310, 312, 314, 318 – 320, 322 – 323). The specimens collected during 2014 were deposited at the Herpetological Collection of the Universidade Federal da Paraíba (UFPB/CHUFPB; vouchers: CHUFPB 7423 – 7424, 7523, 7615, 7617, 7646, 7658, 7667, 7669, 7679 – 7680, 7682 – 7683, 7689, 7692, 7862, 7930, 7932, 7957, 7963, 8044, 8085, 8092, 8157, 8207 – 8208, 8217, 8222 – 8223, 8229,

8262, 8271, 8279, 8285, 8352 – 8353, 8361, 8391, 8409, 8481, 8510 – 8512, 8554 – 8555, 8572 – 8573, 8620, 8632, 8637, 8661 – 8662). All specimens were collected, euthanized, and preserved in accordance with the permits issued by the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO #64455-1; TBC SISBIO #29550-4; AAG SISBIO # 32575-1) and the UFRPE Ethics Committee (Comite de Ética de Uso dos Animais, CEUA 123/2018).

We weighed each collected individual using a digital scale (accuracy to the nearest ± 0.001 g) and measured the snout-vent length (SVL) with a digital caliper (accuracy to the nearest ± 0.01 mm) (Colli et al. 2003). We removed the caudal region of each specimen through a cross-section. Because geckos accumulate lipid reserves in the caudal region (Vitt 2007), we separately weighed the lipid reserves, including tail mass bonded to the abdominal region of some individuals (Paz et al. 2019). To analyze hepatic and gonad reserves, we removed these organs through a ventromedial incision and weighed them using the same digital scale (± 0.001g) (Ramirez-Bautista and Vitt 1997; Galdino et al. 2003).

We sorted the individuals collected according to collection period and sex. Females were considered as sexually mature when having either vitellogenic follicles or eggs in the oviduct. We considered vitellogenic follicles to be those follicles showing a yellowish color and diameter > 0.3 mm. Follicles with diameter < 2.1 mm were arbitrarily regarded as small, whilst those with diameter > 2.1 mm were regarded as large. Males were considered as sexually mature when having enlarged testes, contorted epididymis, and sperm in the testes and/or epididymis (Colli et al. 2003; Galdino et al. 2003). We

related all these conditions to the SVL of individuals to stablish the minimum body size of sexually mature males and females (Benabib 1994; Colli et al, 2003).

To estimate gonad volume (Vitt 1986; Guedes et al. 2020), we obtained the length and width of the testes and eggs using a digital caliper (± 0.01 mm). The gonad volume was estimated using the ellipsoid formula ($V = 4/3\pi a^2 b$), where “V” is the gonad volume, "a" is half the smallest gonad diameter, and "b" is half the longest gonad diameter (Selby 1965; Ramirez- Bautista et al. 2006). The volume of eggs was measured using the formula for an ovoid sphere ($V = \pi w^2 l/6$), where “V” is the egg volume, "w" is the egg width, and "l" is the egg length (Ramirez-Bautista and Vitt, 1997; Ramirez-Bautista and Olvera-Bercerill, 2004). We calculate K1 using the Allometric Method, following the expression K1 = w/Lb, where “W” is the total mass and “L” is the specimen standard length. To estimate the “b” coefficient, we performed a simple mass-length ratio equation (W = aLb) (Le Cren 1951; Galdino et al. 2003). Finally, to estimate energy reserves we use total mass (WT) in relation to tail mass (WFB) for RFB (RFB = WFB (100) /WT), total mass in relation to liver mass (WL) for RWL (RWL = WL (100) /WT), and total mass in relation to gonad mass (WG) for RGS (RGS = WG (100) /WT) (Ramirez-Bautista and Vitt, 1997; Schaffner 1998; Wootton 1999).

Data analysis

Prior to statistical analysis we checked the data for normal distribution using the Shapiro-Wilk test, with the data of male and females pooled. Because the data were not normally distributed, we used a Kruskal Wallis test to test for monthly variation in the indices used as proxies of energy reserves, followed by post hoc pairwise comparisons to

check which samples differ significantly (Ramirez-Bautista and Vitt, 1997; Norval et al. 2019). To control for effects on the response variables of variation in body condition between individuals, we performed linear regressions (R^2) between SVL, and body mass, and each body variable (lipid, hepatic, and gonadal masses) (Ramírez- Bautista and Vitt 1997; Paz et al. 2019).

For the analysis of monthly variation, we used only data from months in which three or more individuals of each sex were captured (Ramirez-Bautista et al. 2006; Ramirez-Bautista et al. 2009). To test for seasonal variation in body indices and gonad volume we performed Analysis of Variance (ANOVA), entering the dry and rainy periods as predictors (Zar 1999; Ramirez-Bautista et al. 2006).

We tested the influence of seasonality and body indices on the presence of individuals in each period using Generalized Linear Models (GLM) in the DHARMa, readxl, and mice packages (Zuur et al. 2009; Villamar-Duque et al. 2019). We modeled Generalized linear "mixed" models (GLMM) to control for the influence of sampling periods and between-individual variation. We used body indices and gonad volume as the predictor variables in a model fitted to verify the absence or presence of individuals along the seasons, and air temperature, humidity, and precipitation as predictors variables in models fitted to test the influence of abiotic factors on body indices (Zuur et al. 2009). We considered an effect to be statistically significant when $p < 0.05$. All analyses were performed in the R program (R Development Core Team 2019) (Zar 1999; Zuur et al. 2009).

RESULTS

Analyzing the growth rate, *G. geckoides* display a coefficient (b), considering mass-length ratio, of 2.850. This value, which is close to the Condition Factor (K1), indicates similar investment in body mass and body length (i.e., isometric growth) in the sampled population of *G. geckoides* (Fig. 3). The mean SVL of females was 41.40 ± 4.43 mm (range: 28.55 – 47.25 mm, n = 66), while the mean SVL of males was 40.22 ± 3.63 mm (range: 29.50 – 45.74 mm, n = 96). The minimum female and male SVL at sexual maturity were 32.84 mm and 32.11 mm, respectively. The mean gonad volume was 4.67 ± 4.52 mm^3 for females (range: 0.3 – 22.42 mm^3, n = 64), and 7.82 ± 5.96 mm^3 for males (range: 1.49 – 32.78 mm^3, n = 95). Large follicles were found in females year-round, noticeably in the dry periods (September-February). Eggs were found during both seasons, but predominantly in rainy periods (March-August) (Fig. 4a), always in a fixed brood of one egg per female, with a mean volume of 295.40 ± 120.12 mm^3 (range: 112.33 - 434.19 mm^3, n = 6). Males presented similar gonad cycle, with larger testes found in the dry periods (September-December), reduced testes at the end of the dry season (January-February), and growing testes during the rainy season, except in May and June, without recrudescence (Fig. 4b).

Body length had positive, significant effect on gonad volume, both in females ($\beta \pm SE = 0.074 \pm 0.027$, $z = 2.723$, $p < 0.01$) and males ($\beta \pm SE = 0.091 \pm 0.020$, $z = 4.488$, $p < 0.001$), indicating that gonad growth is proportional to the SVL of the individuals. In females, SVL had a positive, significant correlation with lipid ($R^2 = 0.36$; $t = 5.86$; $p < 0.001$; n = 59) and hepatic reserves ($R^2 = 0.37$; $t = 6.14$; $p < 0.001$; n = 59), but not with gonadal condition ($R^2 = -0.01$; $t = 0.12$; $p = 0.48$; n = 59). Likewise, body mass of females

had a positive and significant correlation with lipid (R^2 = 0.53; *t* = 8.15; p < 0.001; n = 59) and hepatic reserves (R^2 = 0.56; *t* = 8.72; p < 0.001; n = 59), but not with gonadal condition (R^2 = -0.01; *t* = 0.58; p = 0.56; n = 59). For males, SVL had a positive and significant correlation with lipid (R^2 = 0.40; *t* = 7.81; p < 0.001; n = 92), hepatic (R^2 = 0.25; *t* = 5.59; p < 0.001; n = 92), and gonadal reserves (R^2 = 0.21; *t* = 4.92; p < 0.001; n = 92). The body mass of males also showed positive and significant correlation with lipid (R^2 = 0.59; *t* = 11.49; p < 0.001; n = 92), hepatic (R^2 = 0.45; *t* = 8.72; p < 0.001; n = 92), and gonadal reserves (R^2 = 0.28; *t* = 6.02; p < 0.001; n = 92).

Females showed a reduction in lipid reserves (RFB) prior to the beginning of the rainy season (Fig. 5a) but did not show significant seasonal variation in RFP (Kruskal-Wallis = 2.32; p = 0.50). Males, on the other hand, experienced an increase in RFB prior to the beginning of the rainy season and showed significant variation in RFP along the rainy and dry seasons (Kruskal-Wallis = 22.33; p = 0.02). Hepatic reserves (RWL) decreased slightly during the end of the dry season and beginning of the rainy season, followed by an increase at the end of this period, especially in females (Fig. 5b). In females, the major variation in RWL occurred at the end of the period of abundant rainfall, especially in June (Kruskal-Wallis = 17.01; p = 0.02) and August (Kruskal-Wallis = 17.01; p < 0.01). Males, in turn, showed no significant variation in RWL (Kruskal-Wallis = 4.86; p = 0.85). Regarding gonadal reserves (RGS), both sexes experienced a decrease at the end of the dry season and beginning of the rainy season, followed by an increase at the end of the latter (Fig. 5c). Females showed significant variation in RGS in November, for both years (Kruskal-Wallis = 20.63; p < 0.01), and males showed significant variation in RGS in the driest months (October and February) (Kruskal-Wallis = 17.22; p = 0.03).

The Analysis of Variance showed higher concentrations of energy reserves, for both females and males, in periods coinciding with the end of abundant rainfall and the beginning of dry season. Such seasonal differences in energy reserves were more pronounced in females, except for conditions of the sexual gonads (Table 2). The volume of sexual gonads in females did not show significant seasonal variation; males, on the other hand, presented enlarged, more robust gonads during periods of high amounts of precipitation (Table 2).

The Generalized Linear Models revealed no influence of body indices, nor gonad volume, on the seasonal appearance of individuals of neither sex (Table 3). Regarding abiotic factors, the models showed significant effects of temperature and precipitation on the RFB of females, with negative and positive effects of these variables, respectively. Humidity, on the other hand, showed a significant but negative effect on RGS (Table 4). Overall, these results indicate that lipid reserves in females increases as precipitation increases and the air temperature decreases, while increasing humidity reduces gonadal reserves. In males, abiotic factors influenced gonad volume only, which increased with increasing temperature, humidity, and precipitation, indicating a constant increase in gonad volume.

DISCUSSION

Our results show that individuals of *G. geckoides* of a Caatinga population maintains relatively constant values of body indices, displaying variations during the year, and that females and males show similar patterns of investment into energy reserves after attaining sexual maturity (Derickson 1976; Paz et al. 2019). The energetic cycles of

both sexes appear to be synchronized, with sexual maturity attained at a minimum SVL of 31 mm (Vitt 1986; Ramirez-Bautista and Vitt 1997). In *G. geckoides*, the energetic cycle can be attributed to different reproductive roles of each sex and to different sexual responses to abiotic factors such as temperature, humidity, and precipitation (Sexton and Brown 1997; Norval et al. 2019; Paz et al. 2019).

There was no significant variation in the total mass of the sampled population of *G. geckoides* throughout the year, indicating that individuals constant gain mass, a pattern confirmed by the condition factor (K1) (Sexton and Brown 1977). Isometric growth populations are characterized by similar energy investment into both gonads and body size (Sexton and Brown 1977; Cox et al. 2009). Because gonad growth accompanies increase in SVL, investing in body growth is key for an individual to reach sexual maturation (Sexton and Brown 1977; Ramirez-Bautista et al., 2006; Norval et al. 2019). The lack of lipid reserves in internal body parts other than the tail indicates that the tail region stores the most important lipid reserves in this species (Paz et al. 2019). Because all types of reserves analyzed showed a direct relationship with SVL and body mass, it is reasonable to infer that the availability of food resources in Catimbau National Park is sufficient to allow individuals of *G. geckoides* to accumulate energetic reserves necessary to sustain vital activities (Vitt 1986; Serrano -Cardozo et al. 2007).

An endogenous mechanism seems to be triggered in *G. geckoides* after individuals reach sexual maturity, which can make them sensitive to environmental variation and affect body indices and gonad development in different ways (Norval et al. 2019). According to our results, RFB accumulation differed between the sexes: females

experienced a constant reduction in RFB until the end of the rainy season, while males accumulated RFB until the end of this period. On the other hand, RWL and RGS showed synchronized activity, both indices showing reduction until the beginning of rainy periods, in both females and males. However, females showed much greater variation in body indices than males; such sexual difference in energy reserves are likely due to the high energy costs faced by females during the gestation process (e.g., during the vitellogenic process and egg deposition) (Ramirez-Bautista and Vitt 1997; Scahffner 1998). The variation in gonad volume indicates that males in *G. geckoides* show variation in mating activity during each period, although reproduction seems to be constant and there are no signs of gonad recrudescence (Sandoval et al. 2014; Paz et al. 2019). Finally, the reduced RGS levels also indicate reduced mating activity during the period of abundant rainfall, possibly because most females in the population are gestating (Galdino et al. 2003; Ramirez-Bautista et al. 2009).

With regards to egg deposition, high humidity tends to increase hatching success and brood survival (Derickson 1976; Norval et al. 2019). In the population of *G. geckoides* from Catimbau National Park, females presented a fixed single egg brood in oviducts (Vitt, 1986; Alcântara et al. 2019; Souza et al. 2019). In geckos, the low investment in egg number is compensated by the production of more than one brood per year, with females likely investing similar amounts of their energy reserves in consecutive gestations (Norval et al. 2019; Guedes et al. 2020). The predominance of gravid females in periods of high precipitation and minor variation in air temperature, suggests that this combination of abiotic conditions is favorable for gestation and egg deposition, likely because increased rainfall and more stable temperatures reduce the risks of egg

desiccation and brood mortality (Colli et al. 2003; Norval et al. 2019). Consequently, energy reserves experience a significant reduction as the rainy season progresses, especially in reproductively active females (Ramirez-Bautista and Vitt 1997; Ramirez-Bautista et al. 2006). The results of our study are in line with previous studies on several other Neotropical lizards, including *Liolaemus huacahuasicus* (Pinilla 1991), *Liolaemus bitaeniatus* (Pinilla 1995), *Anolis nebulosus* (Ramirez-Bautista and Vitt 1997), *Eurolophosaurus nanuzae* (Galdino et al. 2003) and *Anolis sagrei* (Norval et al. 2019).

The alternations between lipid reserves and gonad conditions in females, plus the fact that some females simultaneously presented ovaries in different stages (i.e., pre-vitellogenic and vitellogenic), provide evidence that, throughout the annual cycle of *G. geckoides*, more than one vitellogenesis process may take place simultaneously in some individuals (Paz et al. 2019). This process causes marked reduction in lipid reserves, which is followed by the appearance of yolk follicles and oocysts. Subsequently, the process is characterized by an increase in lipid and hepatic reserves, and an increase in liver volume correlated with an increase in lipids in this organ; these lipids will then be used in the second vitellogenesis process (Martori and Aun, 2010; Paz et al. 2019). In the Caatinga, such stages coincide with late periods of the dry and rainy seasons. This seem to be an adaptative reproductive strategy, because producing multiple broods maximize the probability that some broods will face favorable environmental conditions for their development and survival, which ultimately increases reproductive success (Vitt 1986; Colli et al. 2003). The lack of variation in the energy reserves of males, on the other hand, suggest that sperm production and copulation do not impose high energetic costs to males (Guillete and Casas-Andreu, 1980; Ramírez-Bautista et al. 2006). Finally, factors

including food availability in the environment, the sit-and-wait foraging tactic, and the reduced degree of intraspecific competition in *G. geckoides* (Vitt 1986; Alcântara et al. 2019), also contribute to individuals maintaining constant levels of energy reserves (Sexton and Brown, 1977; Galdino et al. 2003; Ramirez-Bautista et al. 2006).

This study represents the first examination of energy cycles and reproductive strategies in *G. geckoides*, in the Caatinga domain, that have described the cycles of different body indices and gonads while also testing the effects of environmental factors and morphological traits on them. Despite the seasonal variation found in energy reserves, *G. geckoides* presents constant activity throughout the year and reproduce more than once in a single year. The energy required for sustaining the continuous activity and the related vital processes (maintenance and reproduction) in *G. geckoides* is dependent on diet, which in turn depends on prey availability in the environment.

Acknowledgments. – We are grateful to everyone who participated in the fieldwork and helped collecting the lizards. We thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for financial support (0287-2.05114), and the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) and the Comitê de Ética de Uso dos Animais (CEUA-UFRPE) for licenses and permits issued (LICENSES NUMBERS).

LITERATURE CITED

Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). 2019. APAC Boletins Pluviométricos, 2018 – 2019. https://www.apac.pe.gov.br/.

Alcantara, E.P., C. Ferreira-Silva, J.G. Gonçalves-Sousa, D.H. Morais, and R.W. Ávila. 2019. Feeding ecology, reproductive biology, and parasitism of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 from a Caatinga area in Northeastern Brazil. Herpetological Conservation and Biology, 14: 641 – 647.

Aun, L. and R. Martori. 1998. Reproducción y dieta de *Liolaemus koslowskyi* Etheridge 1993. Cuadernos de Herpetología , 12:1–9.

Benabib, M. 1994. Reproduction and lipid utilization of tropical populations of *Sceloporus variabilis*. Herpetological Monographs, 8: 160 – 180.

Campos, H. 1983. Estatística experimental não paramétrica. (4.ed). Piracicaba: ESALQ, Brasil.

Cheng, H.Y. 1987. A review on annual reproductive and energetic patterns of five taxa of lizards in Taiwan for ten years. Proceedings of the National Science Council, Republic of China 11: 313–321.

Colli, G.R., D.O. Mesquita, P.V. Rodrigues, and K. Kitayama. 2003. Ecology of the gecko *Gymnodactylus geckoides amarali* in a Neotropical savanna. Journal of Herpetology, 37: 694 – 706.

Costa, H.C., and R.S. Bérnils. 2018. Répteis brasileiros: lista de espécies. Herpetologia Brasileira, 7: 11–57.

Cox, R.M., D.S. Stenquist, and R. Calsbeek. 2009. Testosterone, growth and the evolution of sexual size dimorphism. Journal of Evolutionary Biology 22:1586–1598.

Derickson, W.K. 1976. Lipid storage and utilization in reptiles. American Zoologist 16:711–723.

Ferreira, B. 2010. A região semi-árida nordestina: utilização de dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá, Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. Ciência e Natura, 32:143–158.

Galdino, C.A.B., V.B. Assis, M.C. Kiefer, and M. Van-Sluys. 2003. Reproduction and Fat Body cycle of *Eurolophosaurus nanuzae* (Sauria; Tropiduridae) from a seasonal montane habitat of Southeastern Brazil. Journal of Herpetology, 37:687–694.

Gomiero, L.M., G.A. Villares-Junior, and F.M.S. Braga. 2010. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, estado de São Paulo, Brasil. Biota Neotropica, 10:101 – 105.

Guedes, J.J.M., D. Fantuzzi, C.L. Assis, and R.N. Feio. 2020. Reproductive biology of *Gymnodactylus darwinii* (Gray, 1845) (Squamata: Phyllodactylidae) from southeastern Brazil. Acta Zoologica, 00:1–9.

Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). Journal of Animal Ecology 20: 201 – 209.

Lima-Junior, S.E., I.B. Cardone, and R. Goitein. 2002. Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. Acta Scientiarum Maringá 24: 397 – 400.

Martori R. and L. Aun. 2010. Reproducción y variación de grupos de tamaño en una población de *Liolaemus koslowskyi* (Squamata: Liolaemini). Cuadernos de Herpetología 24:39–55.

Mesquita, D.O., G.C. Costa, A.S. Figueredo, F.G. Franca, A.A. Garda, A.H. Bello-Soares, and F.P. Werneck. 2015. The autecology of *Anolis brasiliensis* (Squamata, Dactyloidae) in a Neotropical savanna. The Herpetological Journal 25: 233 – 244.

Navarro, R.D., F.O.P. Ribeiro, G.S. Yasui, E.C.S. Maciel and L.C. Santos. 2005. Efeito do hormônio 17-α-metiltestosterona nos índices somáticos de *Rana catesbeiana*. Zoo Trop 23: 319 – 325.

Norval, G., K. Slater, L.R. Brown, J. Mao and S.R. Goldberg. 2019. Interrelation of Fat Body Mass, Liver Mass, and Environmental Parameters on the Reproductive Cycle of the Brown Anole (*Anolis sagrei*), an Introduced Lizard in Taiwan. Herpetological Conservation and Biology 14: 67 – 79.

Paz, M.M., N.E. Garcia, R.V. Semhan, F.J. Lobo, C.S. Abdala. Study of lipid reserves in *Liolaemus koslowskyi* (Squamata: Liolaemidae): reproductive and ecological implications. Journal of Comparative Physiology 189: 595 – 609.

Pedrosa, I.M. M. D. C., T. B. Costa, R.G. Faria, F.G. R. França, D.O. Laranjeiras, T.C.S.P.D., Oliveira, and A.A. Garda. 2014. Herpetofauna of protected areas in the

Caatinga III: The Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil. Biota Neotrópica, 14: 1 – 12.

Pinilla, M.P.R. 1991. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard *Liolaemus huacahuasicus*. Journal of Herpetology 25: 205 – 208.

Pinilla, M.P.R. 1995. Reproductive and fat body cycles of the oviparous lizard *Liolaemus bitaeniatus* (Sauria: Tropiduridae). Journal of Herpetology 29: 256 – 260.

Proença, A.L. 2010. Reconhecimento Arqueológico na Região do Catimbau: Prospecção, Geoprocessamento e Estratigrafias no Contexto Arqueológico. Rev. Bras. Geog 27: 289 – 301.

Ramírez-Bautista, A. 1995. Demografía y reproducción de la lagartija arborícola *Anolis nebulosus* de la región de Chamela, Jalisco. Ph.D. Dissertation, Universidad Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Ramírez-Bautista, A., and L.J. Vitt. 1997. Reproduction in the lizard *Anolis nebulosus* (Polychrotidae) from the Pacific coast of México. Herpetologica 53:423 – 431.

Ramírez-Bautista, A. and V. Olvera-Becerril. 2004. Reproduction in the boulder Spiny Lizard, *Sceloporus pyrocephalus* (Sauria: Phrynosomatidae), from a tropical dry forest of México. Journal of Herpetology 38:65 – 71.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, A. Leyte-Manrique, and G. Sánchez-Rojas. 2006. Influencia del cuerpo graso e hígado en la reproducción de cuatro poblaciones de la lagartija *Sceloporus grammicus* del estado de Hidalgo, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 14:1–11.

Ramírez-Bautista, A., D. Hernández-Ramos, A.R. Martinez, and J.C. Marshall. 2009. Fat bodies and liver mass cycles in *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from southern Hidalgo, Mexico. Herpetological Conservation and Biology 4: 164 – 170.

Ramos-Pallares, E., V.H. Serrano-Cardozo, and M.P. Ramírez-Pinilla. 2010. Reproduction of *Ptychoglossus bicolor* (Squamata: Gymnophthalmidae) in an Andean coffee shade plantation in Colombia. South American Journal of Herpetology 5: 143 – 150.

Sánchez-Hernández, P., M. Molina-Borja, and M.P. Ramírez-Pinilla. 2013. Annual Reproductive Cycle in the Scincid Lizard *Chalcides viridanus* from Tenerife, Canary Islands. Current herpetology 32: 170 – 181.

Sandoval, F.M.R., A. Rodríguez–Tobón, M.A. León-Galván, F. Méndez–de–la Cruz, and E. Arenas–Ríos. 2014. Fisiología reproductiva de la lagartija macho *Sceloporus mucronatus*. ReIbCi 1:121–128.

Schaffner, F. 1998. The liver. Pp. 485–531 in Biology of the Reptilia. Volume 19. Gans, C., and A.S. Gaunt. (Eds.). Society for the Study of Amphibians and Reptiles, New York, New York, USA.

Serrano-Cardozo, V.H., M.P. Ramírez-Pinilla, J.E. Ortega, and L.A. Cortes. 2007. Annual reproductive activity of *Gonatodes albogularis* (Squamata: Gekkonidae) living in an anthropic area in Santander, Colombia. South American Journal of Herpetology 2: 31 – 38.

Selby, S.M. 1965. Standard math tables. – Chemical Rubber Co. Cleveland, USA.

Sexton, O.J., and K.M. Brown. 1977. The reproductive cycle of an iguanid lizard *Anolis sagrei*, from Belize. Journal of Natural History 11: 241–250.

Villamar-Duque, T.E., R. Cruz-Elizalde, and A. Ramírez-Bautista. 2019. Reproduction of the Bromeliad Arboreal Alligator Lizard, *Abronia taeniata* (Squamata: Anguidae), in a temperate environment of central Mexico. Salamandra 55: 221 – 230.

Vitt, L.J. 1986. Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with a comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. Copeia 1986: 773–786.

Vitt, L.J., D.B. Shepard, J.P. Caldwell, G.H.C. Vieira, F.G.R. França, and G.R. Colli. 2007. Living with your food: geckos in termitaria of Cantão. J. Zool 272: 321–328.

Wootton, R.J. 1999. Ecology of teleost fishes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Zar, J.H., 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall (4th ed.), New Jersey.

Zuur, A., E.N. Ieno, N. Walker, A.A. Saveliev, and G.M. Smith. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Pp. 209 – 239 in Statistics for Biology and Health. Volume 2. Springer Science & Business Media, New York, New York, USA.

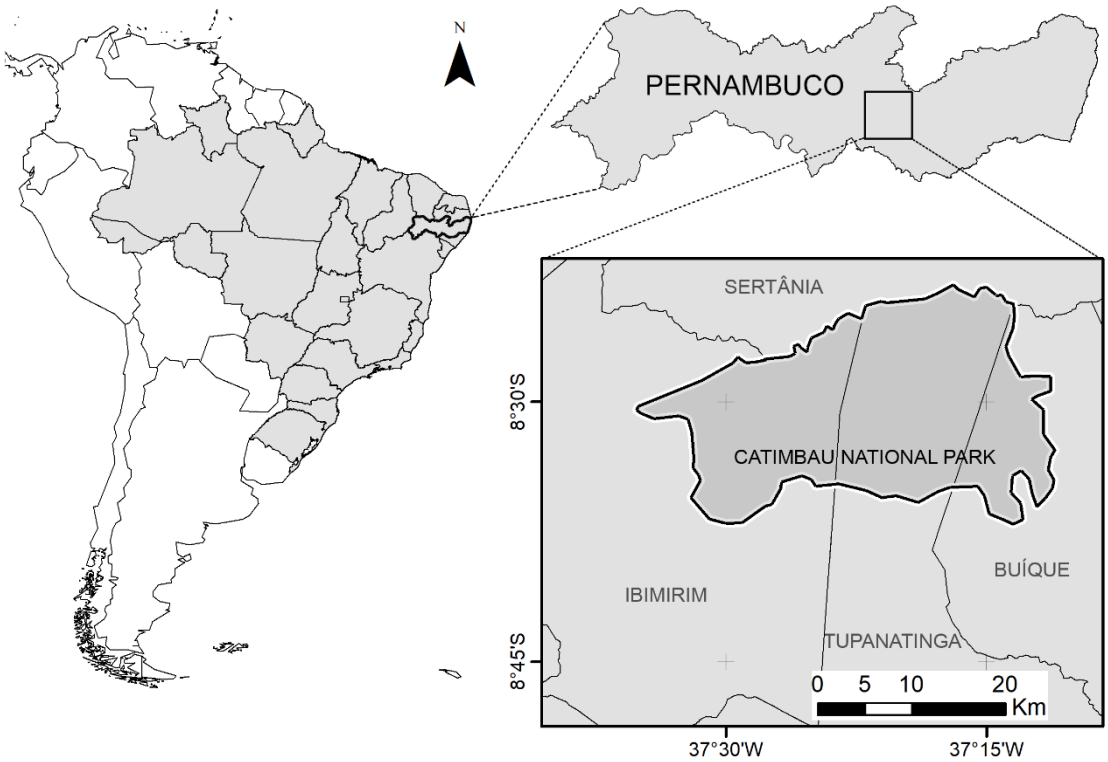

Figure 1. Map of Brazil depicting the state of Pernambuco and the location of the Catimbau National Park (study area), a conservation unit in the Caatinga biome whose area extends over four municipalities.

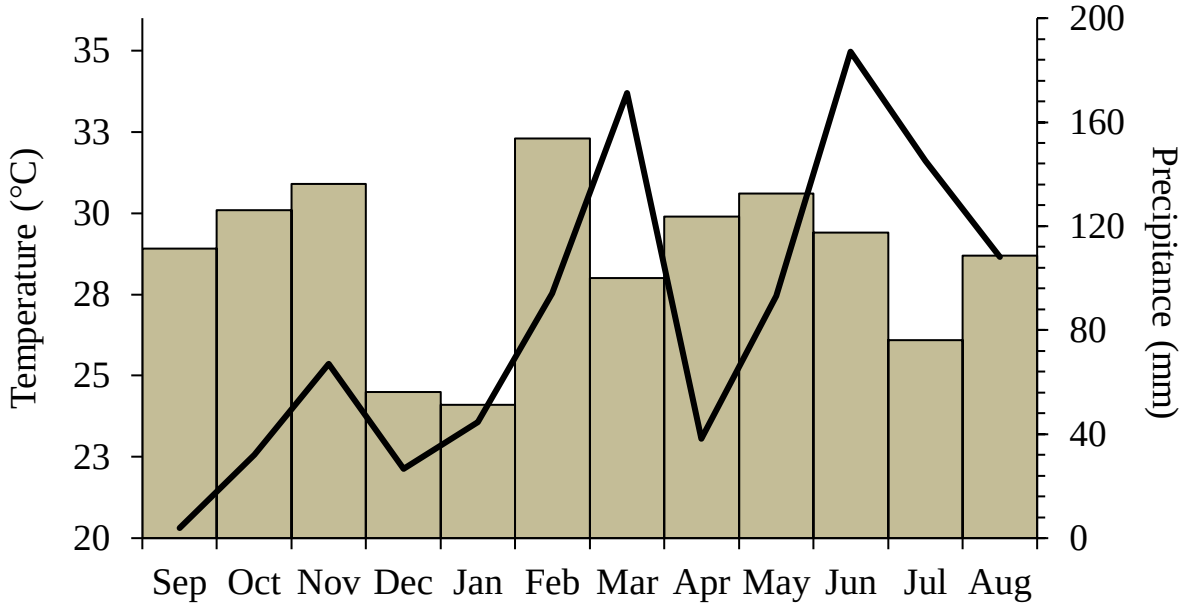

Figure 2. Climatological variations in CU Catimbau National Park, municipality of Buíque, state of Pernambuco, Brazil between September 2018 and august 2019, regarding total rainfall (mm) and mean of the temperature (°C).

Table 1. Summary of the total numbers of female and male *G. geckoides* collected by month and year in Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco state, and Picuí municipality, Paraíba state, Brazil. The quantity of asterisks (*) denotes how many gravid females were found in that month.

Sampling month	2018 – 2021		Monthly total
	Females	Males	
September	03	03	06
October	02	02	04
November	06	02	08
December	03	03	06
January	03	03	06
February	03	08	11
March	04	06	10
April	03*	11	14
May	04**	05	09
June	04**	04	08
July	03*	08	11
August	06*	09	15
Total			**108**

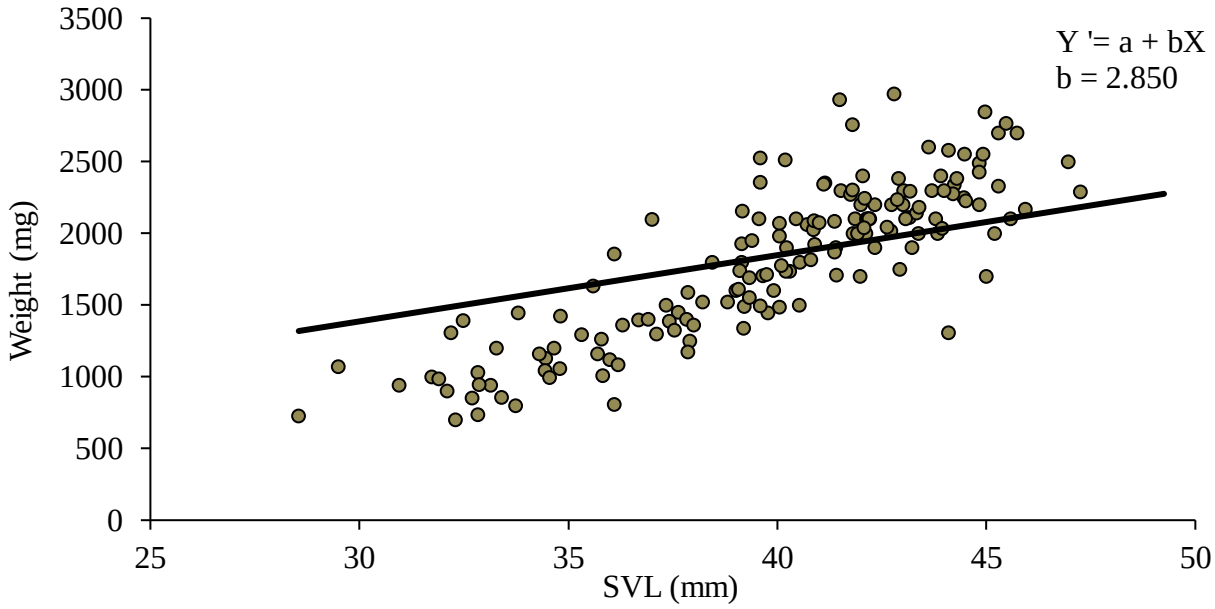

Figure 3. Relationship between the snout-vent length (SVL, in mm) and the body weight (in mg) of individuals of *G. geckoides* Spix, 1825 collected in Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco, and Picuí municipality, Paraíba, Brazil, between September 2018 and September 2021.

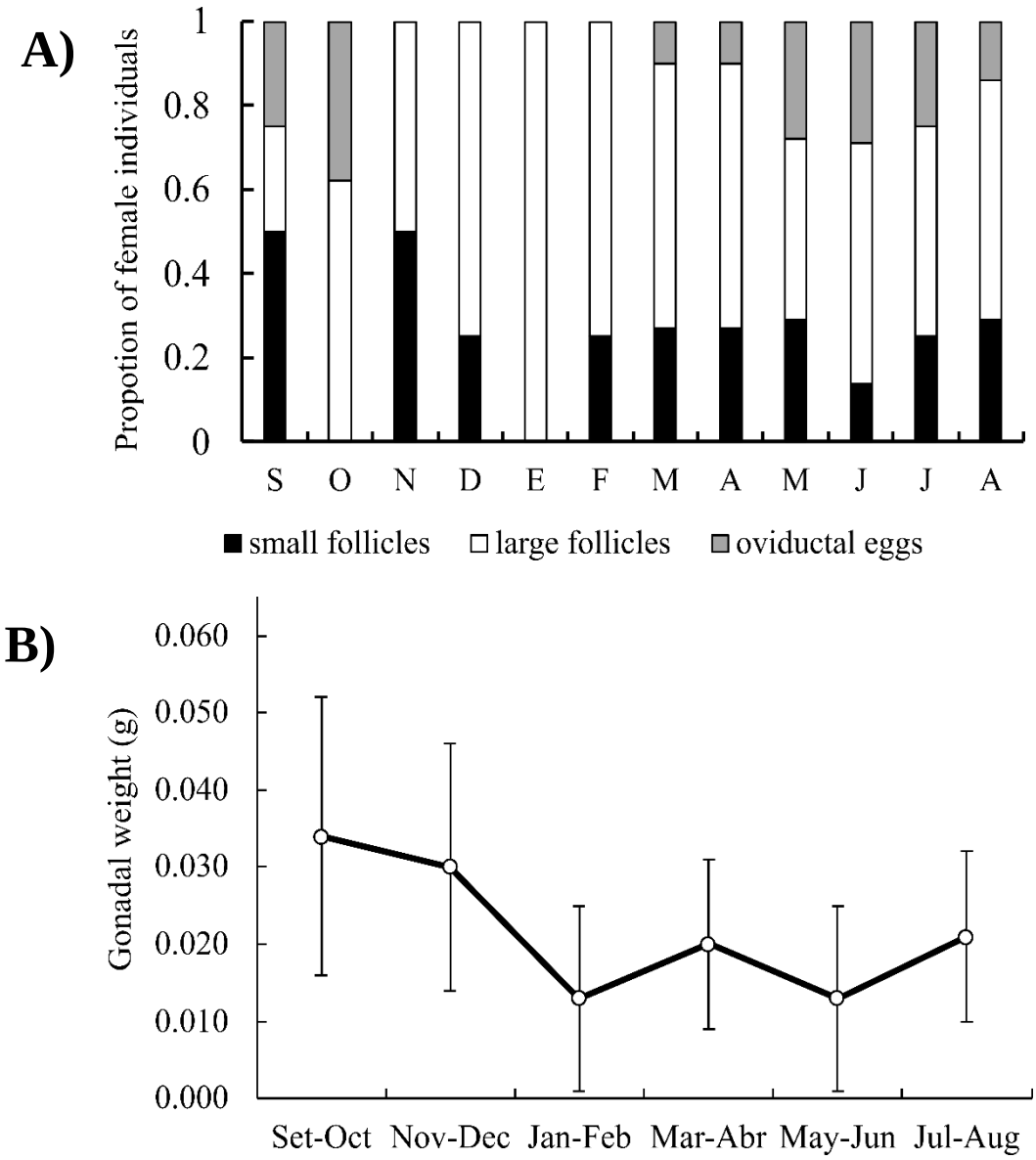

Figure 4. Annual gonad conditions of *G. geckoides* from Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco, and Picuí municipality, Paraíba, Brazil, between 2018 and 2021. A) Monthly proportions of females presenting small follicles (diameter < 2.10 mm), large follicles (diameter > 2.10 mm), and oviductal eggs. B) Monthly variation in the weight of testes (in g); the white circles are the adjusted means, and the vertical bars denote the associated standard error.

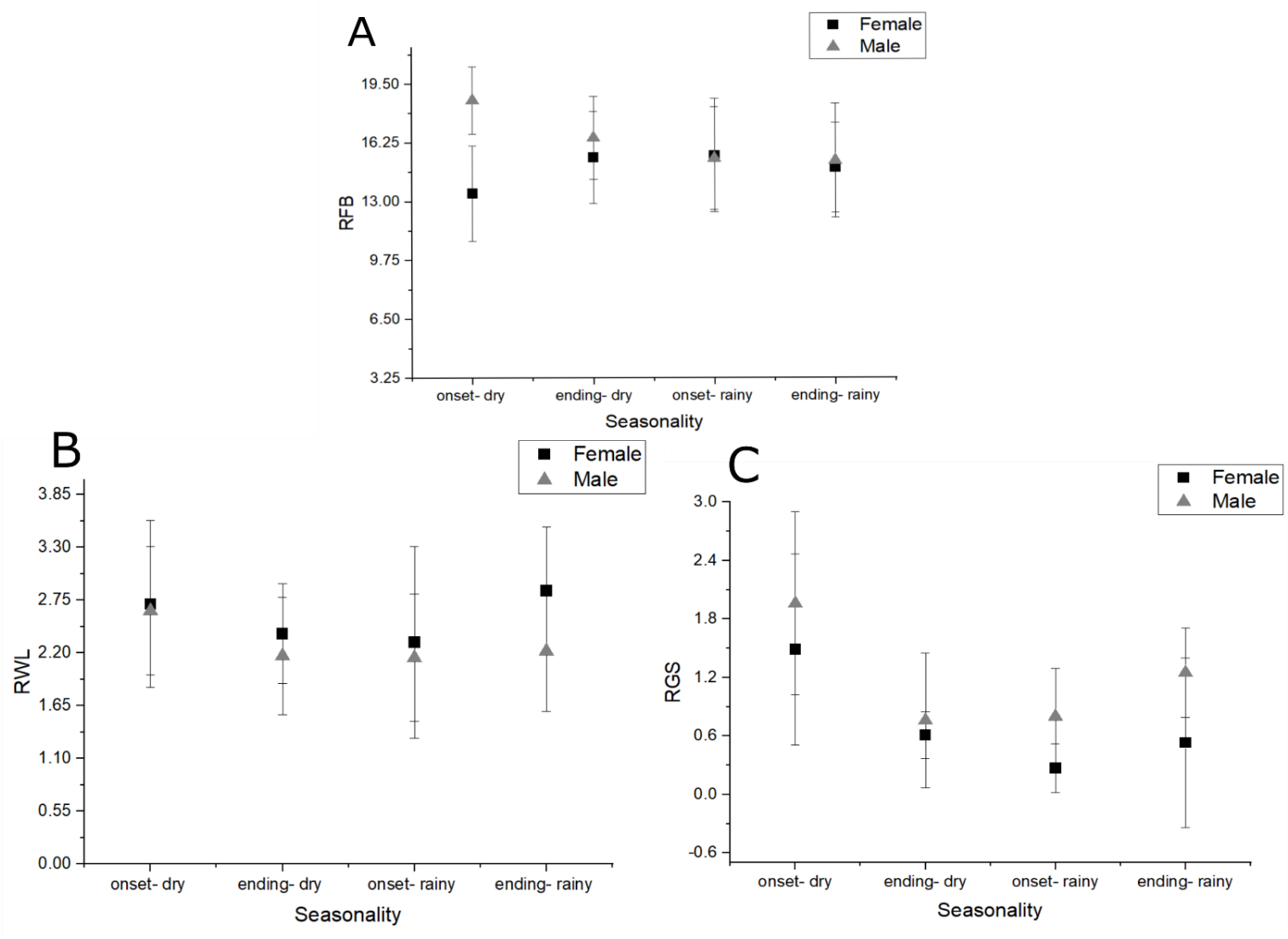

Figure 5. Seasonal condition of different types of energetic reserves in female and male *G. geckoides* Spix, 1825 from Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco, and Picuí municipality, Paraíba, Brazil, from September 2018 to September 2021. A) Liposomal ratio (RFB); B) Hepatosomatic ratio (RWL); C) Gonadosomatic ratio (RGS). Triangles and squares are the adjusted means, and the vertical bars denote the associated standard error.

Table 2. Summary of results of the Analysis of Variance (ANOVA) performed to test for seasonal differences in body indices and gonad volume, according to precipitation levels, in female and male *G. geckoides* Spix, 1825 from Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco, and Picuí municipality, Paraíba, Brazil, from September 2018 to September 2021. Body indices: liposomal ratio (RFB), hepatosomatic ratio (RWL), gonadosomatic ratio (RGS). An asterisk (*) indicates a statistically significant difference.

	Seasonal variation (Precipitation level)				
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-value	P-value
Females					
RFB	36	170.7	56.90	2.79	0.05*
RWL	36	5.98	1.99	2.97	< 0.01*
RGS	36	12.94	4.31	3.21	0.03*
Gonadal volume	36	8.30	2.75	0.10	0.95
Males					
RFB	91	30.3	10.08	1.43	0.23
RWL	91	1.74	0.58	1.35	0.26
RGS	91	3.88	1.29	4.58	< 0.001*
Gonadal volume	91	161.62	4.44	2.58	< 0.001*

Table 3. Summary of results of the Generalized Linear Model (GLM) fitted to test the influence of body indices and gonad volume, according to seasonal variations (precipitation levels), on the appearance of individuals of *G. geckoides* Spix, 1825 in Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco, and Picuí municipality, Paraíba, Brazil, from September 2018 to September 2021. Body indices: liposomal ratio (RFB), hepatosomatic ratio (RWL), gonadosomatic ratio (RGS).

Predictors	Low precipitation levels (n = 66)			High precipitation levels (n = 63)		
	Estimate ± SE	z-value	p	Estimate ± SE	z-value	p
Intercept	3.305 ± 4.718	0.701	0.484	-3.446 ± 4.709	-0.732	0.464
RFB	-0.001 ± 0.060	-0.022	0.982	0.004 ± 0.060	0.083	0.934
RWL	-0.115 ± 0.317	-0.363	0.717	0.136 ± 0.321	0.426	0.670
RGS	0.446 ± 0.478	0.933	0.351	-0.533 ± 0.499	-1.069	0.285
Gonadal volume	-0.028 ± 0.060	-0.467	0.640	0.024 ± 0.060	0.398	0.691

Table 4. Summary of results of the Generalized Linear Model (GLM) fitted to test the influence of abiotic environmental factors on different body indices and gonad volume of female and male *G. geckoides* Spix, 1825 from Catimbau National Park, municipality of Buíque, Pernambuco, and Picuí municipality, Paraíba, Brazil, from September 2018 to September 2021. Body indices: liposomal ratio (RFB), hepatosomatic ratio (RWL), gonadosomatic ratio (RGS).

	Females (n = 61)				**Males (n = 97)**			
	Estimate	**Std. Error**	**z-value**	**p-value**	**Estimate**	**Std. Error**	**z-value**	**p-value**
RFB								
(Intercept)	4.333	0.926	4.679	**<0.001**	18.926	6.887	2.748	**<0.001**
Temperature	-0.067	0.034	-1.983	**0.047**	-0.148	0.214	-0.694	0.489
Humidity	-0.016	0.017	-0.949	0.342	-0.014	0.030	-0.460	0.646
Precipitation	0.001	0.019	2.774	**<0.001**	0.019	0.056	0.339	0.735
RWL								
(Intercept)	3.271	1.593	2.053	**0.040**	4.341	1.146	3.789	**<0.001**
Temperature	-0.013	0.049	-0.273	0.785	-0.043	0.029	-1.460	0.147
Humidity	-0.007	0.007	-1.035	0.305	-0.014	0.008	-1.760	0.081
Precipitation	0.004	0.013	0.035	0.972	-0.003	0.005	-0.644	0.520
RGS								
(Intercept)	1.297	0.629	2.059	**0.044**	1.861	0.784	2.372	**<0.01**
Temperature	-0.001	0.017	-0.085	0.932	-0.015	0.002	-0.751	0.454
Humidity	-0.009	0.004	-2.044	**0.045**	-0.006	0.005	-1.061	0.291
Precipitation	-0.004	0.003	-1.367	0.177	-0.004	0.003	-1.059	0.292
Gonadal Volume								
(Intercept)	17.442	9.733	1.792	**0.050**	-4.888	1.744	-2.802	**<0.01**
Temperature	-0.328	0.301	-1.089	0.280	0.103	0.050	2.032	**0.042**
Humidity	-0.067	0.047	-1.410	0.164	0.047	0.025	1.917	**0.050**
Precipitation	-0.117	0.079	-1.477	0.145	0.003	0.001	3.165	**<0.001**

Artigo a ser submetido à revista: Zoologischer Anzeiger

Conceito: A3

Variações sazonais e influência de fatores exógenos e endógenos nas histologias testiculares ovarianas de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Squamta, Phyllodactilidae) em remanescente de Caatinga, Nordeste do Brasil

Leonardo P.C Oitaven[1,4]; Juan S.M Gonzalez[2,3]; Geraldo J.B. de Moura[1]

[1] *Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpetológicos, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE.*

[2] *Laboratori d'Ecologia de Vertebrats Terrestres, Institut "Cavanilles" de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València, C/ Catedrático José Beltrán nº 2 E-46980, Paterna, València, Spain.*

[3] *Departament de Microbiologia i Ecologia, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50 E-46100, Burjassot, València, Spain.*

[4] *Corresponding author. E-mail: leocabus54@gmail.com*

Resumo: O ciclo anual e sazonal das mudanças histológicas das células reprodutivas e estruturas celulares, foram descritos para as gônadas sexuais (ovários e testículos) do lagarto ovíparo *Gymnodactylus geckoides* habitando um fragmento do domínio morfoclimático da Caatinga. Indivíduos adultos, tanto fêmeas como machos foram coletados mensalmente na região do Parque Nacional do Catimbau, estado de Pernambuco, Brasil. Ovários e testículos foram removidos e fixados em Formalina, desidratados com álcool em diferentes concentrações, embebidos em parafina, seccionados a 5 µm e coloridos utilizando Hematoxilina e eosina. Na população estudada, foi possível verificar condições acíclica e contínua de reprodução, sendo influenciados pela sazonalidade, bem como fatores ambientais, especialmente a temperatura ambiental, uma vez que é responsável por controlar a temperatura corpórea de lagartos. Fêmeas apresentaram influências significativas sobre a Base Germinativa, enquanto machos revelaram influência dos fatores analisados sobre tubos seminíferos e ductos, bem como estágios primários de maturação das células reprodutivas, sendo encontrada células em estágio final de maturação durante todo o ano. Portanto, modificações observadas nas células reprodutivas e estruturas celulares são explicadas não somente por um fator ambiental, mas por um conjunto de fatores ambientais e sazonais, as quais influenciam fatores bióticos dos indivíduos, como temperatura e morfologia corpórea. Para a população estudada, fêmeas e machos apresentaram reprodução sincronizada. Além disso, o presente estudo representa o primeiro esforço para descrever ciclo anual de mudanças histológicas para a espécie *G. geckoides*, utilizando histologia reprodutiva.

Palavras chave: ectotérmicos; gecko; espemiogênese; vitelogênese; corte histológico.

1. Introdução

A compreensão do ciclo reprodutivo dos répteis é de grande valia, pois representa indicadores das estratégias reprodutivas adotada por cada espécie, as quais apresentam grandes variedades, especialmente em lagartos (Vitt, 1986; Lozano et al., 2015). Dessa forma, a caracterização do ciclo reprodutivo de fêmeas e machos (momentos de acasalamento, deposição de ovos e maturação de células reprodutivas), seja a nível morfológico ou celular, bem como a influência de fatores bióticos e abióticos, (Trauth, 1979; Hernández-Franyutti and Uribe, 2012). Uma vez que lagartos apresentam alta sensibilidade a diversos fatores ambientais, seu ciclo reprodutivo pode estar associado a fatores como: fotoperíodo, precipitação, temperaturas, crescimento corpóreo e disponibilidade de recursos (Ferreira et al., 2002; Hernandez-Gallegos et al., 2018), O delineamento e compreensão do ciclo reprodutivo depende de uma série de eventos que o compõe, como gametogênese, crescimento folicular, acasalamento, estocagem de espermatozoides, ovulação, gravidez/gestação e época de nascimento dos filhotes (Newlin, 1976; Moodley and Van-Wyk, 2007; Almeida-Santos et al., 2014).

Com relação aos répteis, o processo de maturação das células germinativas apresenta grande interesse evolutivo, uma vez que permite revelar estratégias reprodutivas intermediárias entre grupos amnióticos (Aves e mamíferos) e não-amnióticos (Peixes e anfíbios) (Gribbins et al., 2003, 2007; Hernández-Franyutti and Uribe, 2012). A literatura define três tipos distintos de ciclos reprodutivos em lagartos: descontínuo, contínuos sem interrupção e contínuos com interrupções (Sherbrooke, 1975), sendo o primeiro comumente encontrado em lagartos de regiões

temperadas (Torki, 2007; Abu-Zinadah, 2008; Lozano et al., 2014), enquanto os demais são predominantes em lagartos neotropicais (Ferreira et al., 2002; Mamou et al., 2017; Migliore et al., 2017; Hernandez-Gallegos et al., 2018).

Schuett (1992) organizou os ciclos reprodutivos de Squamata em quatro classificações baseadas nos eventos da gametogênese. O ciclo dissociado ou pós-nupcial, caracterizado pela produção de gametas posterior a época de cópula e exige estocagem obrigatória dos machos ou fêmeas; ciclo misto, envolve uma pausa na produção dos gametas numa determinada estação do ano, geralmente no inverno; o ciclo associado ou nupcial, onde a produção dos gametas coincide com a época de cópula; ciclo contínuo, onde a gametogênese ocorre durante o ano todo.

Outra forma de classificação, mais recente, do ciclo reprodutivo de machos e fêmeas de Squamata foi proposta por Mathies (2011) onde os animais são avaliados a nível individual e populacional. A nível individual o ciclo pode ser classificado como: descontínuo cíclico (onde há regressão total da gônada e consequente interrupção na produção de gametas), contínuo cíclico (há regressão parcial da gônada e uma redução na produção de gametas) ou acíclico (não há regressão da gônada e a produção de gametas é contínua). Já a nível populacional o ciclo contínuo e descontínuo pode ser sazonal sincrônico/semi-sincrônico (quando os eventos reprodutivos se concentram em uma estação ou intervalo de tempo e estão ou não sincronizados entre os indivíduos) ou assazonal (quando os eventos reprodutivos não estão concentrados num intervalo de tempo e se encontram bem distribuídos ao longo de todo o ano e não há sincronia entre os indivíduos (Sherbroke, 1975; Mathies, 2011).

Em decorrência da grande diversidade de espécies presentes na região neotropical, muitos lagartos possuem dados escassos, ou inxistentes, na literatura sobre seu ciclo reprodutivo, a exemplo de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825. Essa espécie ocorre no Domínio da Caatinga (Costa and Bérnils, 2018; Alcantara et al., 2019), bem como ambientes ecótonos (Restinga) (Souza-Oliveira et al., 2017). Até o presente momento, *G. geckoides* apresenta estudos do ciclo, bem como estratégias reprodutivas, limitado a variações corpóreas e dimorfismo sexual, variações morfológicas de ovos e tamanhos de ninhadas (Vitt, 1986; Alcantara et al., 2019), além de descrição de volume testicular na identificação de indivíduos maduros e imaturos (Souza-Oliveira et al., 2017). *G. geckoides* não apresenta estudos prévios do ciclo reprodutivo baseado em análises histológicas, além de não considerar influência da sazonalidade, bem como fatores bióticos.

Como apresentado em estudos anteriores, populações que habitam regiões semiáridas e distintas podem apresentar ciclos reprodutivos variados, sendo altamente influenciados pela sazonalidade (Vitt, 1986; Gribbins, 2011; Hernández-Franyutti and Uribe, 2012; Lozano et al., 2015). Considerando tal condição, é possível que lagartos habitando o domínio da Caatinga apresentam processo de maturação celular marcadamente sazonal, sendo influenciado, de forma positiva ou negativa, por fatores bióticos e abióticos (Benabib, 1994; Lozano et al., 2015). Mediante o exposto, o presente estudo tem como objetivos: (1) descrever estruturas morfológicas dos sistemas reprodutivos feminino e masculino em *G. geckoides*; (2) descrever mudanças dos processos de oogênese e espermatogênese na população de *G. geckoides* do

Parque Nacional do Catimbau de acordo com a sazonalidade; (3) relacionar o padrão reprodutivo de fêmeas e machos com fatores bióticos e abióticos.

2. Material e métodos

2.1 Local de estudo

A coleta de indivíduos foi realizada na Unidade de Conservação (UC), Parque Nacional do Catimbau. A UC corresponde a remanescente de Caatinga, localizada no centro do estado de Pernambuco, comprimindo os municípios de Buique, Sertânia, Ibimirim e Tupanatinga (Pedrosa et al., 2014) (Fig. 1). O parque encontra-se inserido nos depósitos sedimentares das formações de Tacaratu, provenientes da Era Paleozoica (Ferreira, 2010; Pedrosa et al., 2014). A UC possui uma área de aproximadamente 62.000 ha, com altitudes variando de 600 a 1000 metros acima do nível do mar. O clima da região é semi-árido, com a precipitação mensal variando de 0 a 256 mm, enquanto a temperatura anual apresenta uma média de 23°C (Pedrosa et al., 2014). Os dados mensais de temperatura e precipitação foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Fig. 2) (APAC, 2019).

2.2 Triagem de animais e gônadas

No presente estudo, os lagartos foram capturados manualmente através da Busca Ativa, sendo encontrados durante vistorias no ambiente. Para caracterizar a variação sazonal, as coletas foram realizadas mensalmente, sendo registrado, no momento da coleta, os parâmetros ambientais de temperatura e umidade, com auxílio de termohigrômetro (0.1°C) (Colli et al., 2003). Após serem coletados, os indivíduos foram devidamente eutanasiados a partir do uso de Quetamina líquida, com injeção

intramuscular (Ferreira et al., 2009). Todas as coletas e procedimentos laborais foram autorizados pela agência ambiental (SISBIO #64455-1) e pelo Comitê de Ética (CEUA UFRPE 123/2018).

Após a eutanásia, foi aferida a medida do Comprimento-Rostro-Cloacal (SVL) de cada espécime, com auxilío de paquímetro digital (0.01 mm). Cada exemplar também foi submetido a uma incisão longitudinal, da região gular à cloaca, com o objetivo de remover as gônadas sexuais (Testículo e Ovário) (Galdino et al., 2003). O comprimento e largura de cada gônada coletada foram aferidos utilizando paquímetro digital de mesma precisão (0.01 mm), sendo calculado o volume através da fórmula ellipsoide ($V = 4/3\pi a^2 b$), onde V representa o volume, a representa a metade do menor diâmetro e b a metade do diâmetro mais longo (Mayhew 1963; Selby 1965).

As gônadas foram fixadas em Solução de Bouina (mistura constituída de 71% de ácido pícrico, 24% de formaldeído puro e 5% de ácido acético glacial) por 48 horas, em seguida desidratados em séries de etanol crescentes (70% - 100% por 30min), passando pela solução de Xilocaina (Hopwood, 1990). Posteriormente, incluídos e emblocados em parafina, seccionados em micrótomo Leica com espessura de 5µm e por fim corados em Hematoxylina e Eosina, com os cortes postos em lâminas para análise (Robinson and Gray, 1990; Aguilar-Morales et al., 1996). Todos os cortes, bem como análises qualitativas das lâminas, foram analisados utilizando o microscópio Nikon E800 e as fotografias digitais tiradas a partir da câmera Nikon modelo DS-Ri, sendo todas as medidas das estruturas celulares aferiadas utilizando o programa NIS Elements System ver. 4.60 (Laboratory Imaging, 2016). As figuras utilizadas no presente trabalho contemplaram indivíduos coletados ao longo do ano, considerando diferentes períodos de

acordo com a sazonalidade do ambiente. Indivíduos sexualmente maduros de *G. geckoides* revelaram condições distintas das gônadas sexuais, considerando a maturação e dimensões de estruturas celulares, seja para fêmeas como para machos.

Os tipos e estruturas celulares encontrados foram identificados de acordo com o trabalho descrito por Gribbins (2011), Siegel (2011) e Santos et al. (2020), sendo realizada uma análise estereológica com o objetivo de descrever estruturas dos órgãos reprodutivos, bem como o ciclo reprodutivo anual em *G. geckoides*. Em fêmeas foi analisado o ciclo oogênico (Lozano et al., 2014), enquanto nos machos foi analisado o ciclo espermatogênico (Lozano et al., 2015). As mudanças nos ciclos foram descritas levando em conta o período de captura: início da seca (ODS), final da seca (EDS), início da chuva (ORS), final da chuva (ERS). Com relação a fêmeas e machos, foram analisadas células e estruturas internas e da camadas periférica do ovário (Lozano et al., 2014; Santos et al., 2020), e regiões dos tubos seminíferos, bem como células reprodutivas dos mesmos, além de ductos testiculares em suas diferentes dimensões (Gribbins 2011; Siegel 2011, Lozano et al., 2015), respectivamente.

Com relação aos machos, o ciclo espermatogênico foi baseado nos preceitos de Mandarim-de-Lacerda (1995) e Weibel (1979). Foi calculada a densidade de volume (Vv) das espermátides primárias e secundárias e dos espermatozoides, sendo as mesmas representantes do estado de maturação reprodutiva do indivíduo (Torki, 2007), bem como o diâmetro das seguintes estruturas celulares: Diâmetro dos Tubos Seminíferos (STD), Altura do Epitélio Seminífero (SEH), Diâmetro dos Dúctos Deferentes (DEF), Diâmetro dos Ductos do Epidídimos (DEP), e Altura dos Dúctos do Epidídimo (DEH) (N = 8 por estruturas, 40 por indivíduos, Table 1) (Hernández-Franyutti and Uribe, 2012; Lozano et

al., 2015). O cálculo da amostra foi realizado pela fórmula de Hally (1964) e corrigido para melhor representar os preceitos estereológicos (Mandarim-de-Lacerda, 1995).

Finalmente, para determinar o período reprodutivo da espécie foi quantificado a densidade de perfis (Qa), sendo contados variados campos de testes em uma Área Teste (AT) para cada indivíduo analisado. O resultado foi obtido após a utilização da média em seus respectivos perfis e aplicação da seguinte fórmula: $Q\ A = \sum perfis/A\ T\ (mm^2)$ (Mandarim-de-Lacerda, 1995), sendo contabilizados os tipos celulares em dez Tubos Seminíferos por indivíduo, com magnificação de 40X (Santos and Oliveira, 2007). As estruturas para medições, bem como contagem celular, foram escolhidas aleatoriamente entre os indivíduos (Lozano et al., 2015).

2.3 Análise de dados

Os valores de densidade celular, bem como morfologia das estruturas celulares, foram comparados entre os períodos do ano a partir do Teste do Kruskal-Wallis e, caso necessário, pelo Teste Dunn, tanto para fêmeas como para machos. Já a correlação entre fatores ambientais (Temperatura, Umidade e Precipitação) e corpóreos (Temperatura corpórea, SVL, Volume das gônadas e K1) para com densidades das células reprodutivas, e morfologia das estruturas celulares, foi analisado a partir de Modelos Lineares Generalizados (GLM), utilizando os fatores ambientais e corpóreos como preditores, através dos pacotes *DHARMa*, *readxl* e *mice* (Zar, 1999; Zuur et al., 2009). Em machos, as dimensões de estruturas celulares responsáveis pelo armazenamento de células sexualmente maduras (Ductos do Epidídimo), também foram comparadas com a intensidade da maturação de células reprodutivas (espermatozoides) utilizando o teste

GLM (Zar, 1999). Todas as análises foram feitas a partir do programa R (v3.6.1 R Development Core Team 2019).

3. Resultados

As maiores taxas de precipitação foram registradas entre os meses de março e junho de 2019, enquanto os menores níveis de precipitação foram registrados nos meses de setembro e outubro de 2018. A temperatura, por sua vez, as maiores variações foram registradas nos meses de outubro, novembro e maio (Fig. 2). No total, foram coletados 77 indivíduos sexualmente maduros, sendo 39 fêmeas e 38 machos, apresentando uma proporção sexual de 1:1. Os espécimes foram encontrados em todos os meses de coleta, sejam fêmeas ou machos, sendo a distribuição mensal de captura dos indivíduos apresentado na Tabela 1.

a. Morfologia genal dos sistemas reprodutivos

i. Fêmeas

Em *G. geckoides* a região do oviduto encontra-se altamente enrolada e opaca, provocando desagregação grosseira das diferentes regiões oviducais, tipicamente representando indivíduos vitelogênicos. Os ovários consistiam em órgãos pares e ovoides, localizados na cavidade abdominal e aderidos à parede dorsal do corpo. A partir das lâminas elaboradas foi possível visualizar regiões do útero glandular, ovários e porções renais (Fig. 3).

O útero glandular apresentou musculatura estreita com fibras musculares circulares e longitudinais encapsuladas pelo pleuroperitônio visceral, com o epitélio colunar, revestindo a região do lúmen, apresentando células densas e ovoides (Fig. 3).

As glândulas apresentaram forte aderência à Lâmina Própria, enquanto as células epiteliais encontravam-se altamente preenchidas com grânulos secretores, os quais se coram intensamente com eosina (Fig. 3). Contudo, não foi observado estocagem de espermatoizoides no útero glandular de nenhum indivíduo, indicando reprodução constante e contínua. O ovário de *G. geckoides* consiste em um óocito, granulosa, células tecais e base germinativa. Ovários em estágio vitelogênicos e previtelogênicos foram encontrados ao longo de todo o período de coleta, inclusive de forma simultânea, o que reforça a ideia de reprodução continua (Figs. 4 and 5).

3.1.2 Machos

Em *G. geckoides* os testículos apresentavam-se em órgãos pares, simétricos e ovoides, localizados dorso-medialmente na cavidade celomática, enquanto o hemipênis apresentou formato corneado, também em pares (Fig. 7A and 7B). Adjacente aos testículos, foram registrados os ductos anteriores testiculares, os quais incluem ductos do epidídimo e deferentes, os quais apresentavam formato coovulado, rodeado por tecido conectivo (Fig. 7A). Os testículos também se encontravam rodeados por uma camada fibrosa e vascularizada de tecido conectivo, denominada túnica albugínea (Figs. 7A and 9A).

Do tecido conectivo dessa camada, origina-se a trabeculae, a qual penetra os testículos, sendo visualizadas fibras nervosas, bem como células de Leydig, compondo o compartimento intersticial (Figs. 7, 8 and 9). Entre esse compartimento, é encontrado o compartimento germinal, composto pelos tubos seminíferos, sendo os mesmos limitados pela membrana basal, a qual separa os dois compartimentos previamente mencionados

(Figs 7A and 9A). Os tubos seminíferos apresentam-se alinhados através do Epitélio Germinal, o qual contém células de Sertoli, bem como células germinativas em diferentes estágios de espermatogênese. Células de Sertoli possuíam formato cilíndrico, ou irregular, com núcleo oval, enquanto as células germinativas foram evidenciadas em todos os estágios de espermatogênese, independente do período de coleta (Figs 7A and 9A, B, C).

Os dúctos anteriores testiculares apresentaram dois tipos de dúctos: dúctos deferentes e dúctos do epidídimo (Fig. 8). Os dúctos deferentes apresentam formato coovulado, contendo diâmetro menor em relação aos dúctos do epidídimo, além da ausência de células maduras (espermatozoides) na região do lúmen. Esse dúcto apresenta um epitélio cúbico, contendo estereocílios largos e apicais nas regiões das bordas, bem como uma junção com o segmento inicial do epidídimo (Fig. 8B). Os dúctos do epidídimo apresentaram diâmetros mais largos com formato arredondado, ou irregular, sempre com a região do lúmen preenchida por células maduras (Fig. 8A and C). Esses ductos encontram-se alinhados por uma espessa coluna de células epiteliais, as quais contém núcleo esférico, em posição basal, com o citoplasma extendido até a região do lúmen (Fig. 8C). De acordo com a análise microscópica, o hemipênis apresentou epitélio pregueado, com células pavimentosas, enquanto a superfície apresentou células musculares (Fig. 7B). A região central revelou o tecido conjuntivo dotado de vasos, com células granulares na parte interna e epitélio colunar estratificado (Fig. 9D).

b. Ciclo reprodutivo anual e influência da sazonalidade sobre os ciclos oôgenicos e espermáticos

3.2.1 Fêmeas

Ao longo do ano, fêmeas de *G. geckoides* apresentaram ovários em estágios avançados de desenvolvimento, sejam em condição pré-vitelogênica (estágios III e IV) ou vitelogênica (estágios V a IX). Fêmeas grávidas foram encontradas em ambos os períodos, apesar da maior frequência durante momentos de precipitação elevada (Tabela 1). O ciclo reprodutivo em fêmeas de *G. geckoides*, indicando distintas atividades e maturação de células reprodutivas, bem como frequência de ovos no oviduto, encontram-se representados na figura 7.

Com relação aos estágios pré-vitelogenicos, III e IV, os oocitos apresentaram médias de diâmetro de 290 ± 45.6 µm e 835 ± 75.0 µm respectivamente. Os núcleos são excêntricos, apresentando formato ovoide ou esférico. Próximo ao núcleo, podem ser visualizados grânulos densos, os quais correspondem a núcleos de gema. Nos estágios pré-vitelogênicos tanto a zona central do ooplasma, como a periferia apresentaram conformidade homogênea (Fig. 4A). Conforme a oogenese progride, o ooplasma tende a apresentar vacúolos, distribuídos de maneira irregular, crescendo em número e largura ao longo da região central. A zona pellucida encontra-se homogênea e altamente visível (Fig. 4B). A espessura da zona pellucida nessa fase alcançou 4.75 ± 0.7 µm, enquanto a camada Granulosa apresentou espessura de 50.45 ± 10.7 µm.

Com relação as células que compõem a camada granulosa, células pequenas são mais abundantes na região periférica da granulosa, próximas ao Oócito (Figs 4A and B).

As células médias, semelhante às pequenas células, apresentaram formato ovoide, com núcleos densos e altamente corados, enquanto as células piriformes apresentam formato achatado e núcleo esférico, contendo somente um nucléolo (Fig. 4A). No citoplasma dessas células é possível notar a presença de vacúolos e grânulos. Com relação à base germinativa, esta encontra-se altamente espessa, especialmente nos estágios iniciais (Fig. 4C). As células germinais apresentam formato ovoide ou achatado e muito abundantes. É possível notar a presença de oócitos primários, bem como oogonia (Fig. 4C). Conforme o estágio pré-vitelogênica avança, a base germinativa tende ficar mais homogênea e reduzida (Figs. 4B and C).

Ao alcançarem o estágio vitelogênico o crescimento folicular segue avançando. Nos estágios iniciais da fase vitelogênica, V e VI, *G. geckoides* apresentou uma média do diâmetro do oócito de 1100 ± 318 µm. Vacúolos também continuam em crescimento, sejam em número e em diâmetro, especialmente na região periférica do ooplasma (Figs 5A and B). Nesses estágios é possível notar a presença de pequenos grânulos acidofílicos na região periférica do ooplasma, os quais podem estar associados ao princípio do processo vitelogênico. No estágio vitelogênico as três camadas encontram-se bem visíveis, entretanto a camada granulosa, assim como a base germinativa, tem sua espessura reduzida, alcançando médias de 21.1 ± 3.5 µm e 40.8 ± 6.6 µm, respectivamente. A granulosa é convertida em uma camada única, contendo somente pequenas células com núcleos reduzidos e menos corados (Fig 5B). A região tecal é composta de fibroblastos, fibras de colágeno e pequenos vasos sanguíneos (Figs 5A and B). Nesses estágios é possível também notar mudanças na zona pellucida, a qual apresenta duas camadas: uma homogênea (banda hialina) e outra camada estriada interna (zona

radiata) (Fig 5B). Outra estrutura presente nesses estágios são inúmeros depósitos de lipídios, distribuídos desde a região periférica até o centro do ooplasma (Fig 5B). Esses depósitos de lipídios apresentaram uma média de diâmetro de 50.6 ± 72.9 µm, possuindo maiores diâmetros na região periférica em relação região central do Ooplasma.

Com relação aos estágios finais da vitelogênese, VII a IX, o oócito continua a crescer conforme a vitelogênese avança. Nos estágios finais *G. geckoides* apresentou uma média de diâmetro do oócito de 3.98 ± 0.94 mm. Os depósitos de lipídios encontram-se maximizados em diâmetro, ocupando quase todo o espaço do ooplasma (Fig. 5A). Em comparação aos estágios previamente mencionados, as plaquetas de gemas encontram-se mais abundantes na periferia do oocito. Os depósitos de lipídios apresentam conformação irregular na região central do ooplasma (Fig. 5B). Durante esses estágios, a zona pellucida apresentou altamente reduzida, bem como a granulosa, a qual é constituída de uma única camada composta por células esféricas, apresentando uma média de diâmetro de 4.68 ± 0.56 mm, enquanto a camada tecal apresentou aumento na sua vascularização (Fig. 5B).

Quanto a influência dos fatores abióticos, eles aparentaram apresentaram maior influência sobre a base germinativa. Essa estrutura encontra-se com tamanho elevado durante períodos de maior temperatura, umidade e precipitação, indicando maior atividade da mesma durante período de chuva abundante (Table 2). Os fatores bióticos, por sua vez, revelaram maior influência sobre o diâmetro do oócito, bem como a base germinativa. O aumento da temperatura corpórea nas fêmeas influencia de forma positiva, e significativa, o aumento do diâmetro do oócito e da base germinativa. Além disso, a base germinativa também sofre influência positiva e significativa do fator de crescimento

(K1), bem como volume das gônadas (Table 2). Por outro lado, fatores bióticos, bem como abióticos, não revelaram influência significativa sobre a camada granulosa.

3.2.2 Machos

Em machos de *G. geckoides*, houve aumento considerável em SED e SEH, durante o início e final do período chuvoso, enquanto o final do período chuvoso também revelou elevada redução de DEF e aumento em DEP e DEH (Table 2). Com relação à maturação celular, as células maduras (SPZ) experimentaram considerável aumento durante o início e final da estação chuvosa, bem como início da seca, sendo registrada a situação contrária considerando células em estágio primário (Spt1) e secundário (Spt2) de maturação (Table 2). Apesar da maturação celular constante, o teste ANCOVA revelou variações significativas para as dimensões das estruturas celulares, assim como a quantidade de células em diferentes estágios, indicando variações na atividade reprodutiva em machos de *G. geckoides*, seja de acordo com a sazonalidade ou com o ciclo anual (Table 3). O diâmetro das estruturas celulares de armazenamento (DEP) revelou relação direta e significativa considerando a intensidade de células maduras (SPZ) ($\beta \pm SE = 0.065 \pm 0.009$, $z = 6.638$, $p < 0.001$).

As análises de regressão múltipla revelaram relação significativa entre STD, SEH, DEF, DEP, DEH, Spt1, Spt2 e SPZ e determinados fatores, sejam os mesmos endógenos ou exógenos. Tanto a maturação celular como a medidas das estruturas (diâmetro e altura) aparenta ser mais fortemente influenciados pelos fatores endógenos do indivíduo, especialmente temperatura corpórea e volume das gônadas (Table 4). O volume das gônadas revelou correlação positiva com STD e negativa com os estágios primários de maturação celular (Spt1 e Spt2), revelando maiores estruturas, bem como maior

quantidade de células maduras, conforme o aumento das gônadas (Table 4). A temperatura corpórea, por sua vez, revelou correlação negativa para diversas estruturas celulares (SEH, DEF, DEP e DEH), enquanto somente Spt1 revelou correlação positiva para com a temperatura corpórea. K1, por sua vez, revelou correlação negativa somente para com DEH, revelando baixa influência no processo de maturação celular (Table 4). Os fatores endógenos revelam condições específicas de otimização do processo de maturação de células reprodutivas, bem como estruturas celulares, especialmente considerando temperatura corpórea e volume das gônadas. Por outro lado, a ausência de correlação significativa com os estágios finais de células sexualmente maduras (SPZ), indica maturação constante em machos de *G. geckoides*

Considerando os fatores exógenos, temperatura ambiental e umidade se apresentaram como os fatore mais influentes, especialmente na maturação celular (Table 4). A temperatura revelou correlação positiva, considerando DEF e Spt1, enquanto SPT revelou correlação negativa, considerando temperatura e umidade. Essa situação também revela uma taxa mais reduzida na maturação celular, considerando grandes elevações de temperatura e umidade, apesar da maturação constante de células reprodutivas, revelando momentos de otimização da atividade reprodutiva no local de estudo.

Machos de *G. geckoides* revelaram o Epitélio Seminífero espermatogeneticamente ativo durante todo o ano no Parque Nacional do Catimbau, sem a presença de estágios de quiescência, com processos de espermiogêneses e espermiação ao longo de todo o ano. Células reprodutivas em estágio primário (Spt1) encontravam-se sempre na periferia dos Tubos Seminíferos, apresentando forma arredondada e núcleo denso, enquanto as células em estágio secundário (Spt2) apresentavam tamanhos

reduzidos e núcleos menos densos, mais próximos a região do lúmen (Fig. 9B). Células em estágio final de maturação (SPZ), por sua vez, foram registrados ocupando principalmente á região do Lúmen nos tubos seminíferos, apresentando formato alongado de bastonetes (Fig. 9C). Espermatogônias (SPG) foram registradas em quantidade muito reduzida e sempre na região periférica dos tubos, com formato redondo e núcleo reduzido (Fig. 9B). As espermátides (SEP) encontravam-se próximas aos espermatozoides na região do lúmen, apresentando formatos similares, porém menos alongado, além de estágio inicial (EST) e final (LST) (Fig. 9C).

Apesar de ambos os processos ocorrem de maneira constante, a espermiogenese e espermiação foram registradas de maneira isolada nos indivíduos coletados. Em setembro, foram registrado incidência de espermátides alongadas, bem como grande quantidade de espermatozoides maduros, na região do lúmen nos tubos seminíferos. Em oposição, outubro revelou um decréscimo no número de células maduras, assim como leve decréscimo em SED e SEH. Indivíduos coletados em novembro, por sua vez, revelaram alta incidência de espermátides arredondadas, indicando aumento do processo de espermiação (Fig. 9B). Dezembro, por sua vez, apresentou leve aumento no processo de espermiogênese, revelando maior quantidade de espermátides alongadas e espermatozoides maduros, além de um aumento nas dimensões de SED e SEH (Fig. 9C). Em condição similar, os meses de janeiro e fevereiro revelaram aumento gradativo do processo de espermiação, principalmente devido ao decréscimo do número de células maduras nos tubos seminíferos. Por outro lado, as alterações das dimensões de SED e SEH foram muito discretas (Fig. 9B and C). Novamente em março a maioria dos indivíduos apresentam atividade espermiogênese intensificada, revelando espermátides

alongadas em grande quantidade na região do Lúmen. Tal condição também foi registrada para os meses de abril e maio, revelando aumento gradativo nas dimensões de SED e SEH. O pico da atividade espermiogênica foi registrado para o mês de junho, juntamente com as maiores dimensões de SED e SEH, enquanto o processo de espermiação sofre aumento gradativo, de acordo com a maioria dos indivíduos coletados nos meses de Julho e Agosto, sendo novamente registrados descrécimos nas dimensões de SED e SEH.

Com relação aos dúctos seminíferos, os dúctos deferentes revelaram pouca variação ao longo do ciclo anual em *G. geckoides* (Fig. 8B). Dúctos do epidídimo, por outro lado, seguiram padrão similar aos STD e SEH, revelando quatro picos de atividade máxima, considerando diâmetro e altura, indênticos aos meses mais intensos do processo de espermiação. Os dúctos do epididimo encontravam-se preenchidos de espermatozoides maduros independente do período do ano, com grandes variações considerando cada indivíduo analizado (Fig. 9E and F). Além disso, para ambos DEP e DEH, os menores valores foram registrados nos períodos de dezembro e março (Fig. 9E), enquanto os maiores valores foram encontrados principalmente nos meses de julho e agosto (Fig. 9F).

4. Discussão

Dentre os lagartos, as variações morfológicas e diferenciação celular nos órgãos reprodutivos tendem a variar entre populações e entre espécies, sendo coordenado por ações integradas entre o rítimo endógeno da espécie, bem como variações ambientais (Abu-Zinadah, 2008; Hernández-Gallegos et al., 2017). Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com trabalhos prévios em outras espécies de lagartos, a respeito da morfologia das células e variações histológicas (Abu-Zinadah, 2008; Lozano

et al. 2015; Hernández-Gallegos et al., 2017), bem como serpentes (Tumkiratiwong et al. 2012), testudines (Sánchez-Ospina et al. 2014), e crocodilianos (Rey et al. 2009; Machado-Santos et al. 2015), seja para fêmeas como para machos.

De acordo com Sherbroke (1975), Shuett (1992) e Mathies (2011), squamatas podem adotar distintas estratégias diferentes de reprodução, considerando a produção de gametas e o desenvolvimento das estruturas reprodutivas. De acordo com os resultados obtidos, considerando a falta de variação significativa das células reprodutivas entre os meses de coleta, bem como a presença de espermatozoides constantes no epidídimo, foi possível inferir que a população de *G. Geckoides* no Parque Nacional do Catimbau representa fortes indícios de reprodução acíclica e contínua, sendo também influenciados por fatores climáticos (Vitt, 1986; Mathies, 2011; Alcantara et al., 2019).

Fatores ambientais e sazonalidade do ambiente apresentaram relação significativa para com a produção de células reprodutivas, especialmente no estágio inicial. A temperatura foi a variável de maior importância para essa espécie, enquanto a precipitação não revelou grande influência na maturação das células. Estudos prévios revelaram temperaturas corpóreas no gênero *Gymnodactylus* altamente associadas à temperatura ambiental (Vitt, 1986; Colli et al., 2003). Portanto, como foi encontrada correlação positiva, e significativa, entre a produção de espermátides primárias (St1) e a temperatura corpórea, o processo de maturação das células reprodutivas tende a estar com melhor desempenho durante as mais altas temperaturas ambientais, em um determinado limite, o que corresponde a estação seca (Lozano et al., 2015; Mamou et al., 2017). Os ductos do epidídimo e deferentes, por sua vez, apresentam-se mais calibrosos devido ao aumento

da produção de compostos, os quais são responsáveis tanto pelo armazenamento como pela maturação dos espermatozoides. Portanto, uma vez que o processo de maturação de células reprodutivas se encontra otimizado, machos de *G. geckoides* tenderão a apresentar estruturas celulares mais robustas, principalmente ductos do epidídimo.

Essa situação favorece o período de cópula durante períodos de estiagem, enquanto as fêmeas apresentam gestação em maior frequência durante períodos chuvosos, depositando os ovos no final da mesma (Ferreira et al., 2002; Mamou et al., 2017). O parâmetro reprodutivo apresentado por *G. geckoides* aparenta ser similar ao de muitos outros lagartos em ambientes sazonais como *Tropidurus hispidus* (Ferreira et al., 2009), *Chalcides viridanus* (Sanchez-Hernandez et al., 2013), *Sceloporus grammicus* (Lozano et al., 2015), *Enyalius perditus* (Migliore et al., 2017), bem como outras espécies do gênero, como *G. amaralli* (Colli et al., 2003), e outras populações de *G. geckoides* (Vitt, 1986; Souza-Oliveira et al., 2017; Alcantara et al., 2019).

Mudanças em fatores ambientais são conhecidas por influenciar na atividade reprodutiva de diversos vertebrados, especialmente ectotérmicos (Ikeuchi, 2004; Chaves et al., 2017), apresentando fatores como precipitação, temperaturas e fotoperíodos diretamente vinculados com a atividade testicular (Torki, 2007; Lozano et al., 2015). Por outro lado, outros estudos também revelaram a influência da temperatura na recrudescência gonadal em répteis (Abu-Zinadah, 2008; Mamou et al., 2017), bem como estimulação da atividade espermatogênica (Ferreira et al., 2009; Sanchez-Hernandez et al., 2013). Além disso, já foi comprovado que populações distintas de uma mesma espécie podem apresentar diferenças na atividade espermatogênica, a depender das condições

ambientais a qual está submetida (Ferreira et al., 2009; Lozano et al., 2015). Por instância, o presente estudo representa o primeiro esforço para análise e descrição das células reprodutivas e maturação em *G. geckoides*, tornando impossível uma comparação efetiva de tal atividade celular com trabalhos anteriores, os quais descrevem a atividade reprodutiva de outras populações.

Para a população analisada, o padrão espermatogênico apresentado, bem como o encontro de indivíduos sexualmente maduros e os epidídimos sempre preenchidos por espermatozoides, claramente evidenciam uma atividade contínua e cíclica de maturação das células reprodutivas. Apesar da sazonalidade marcante na Caatinga, as temperaturas tendem as estar em níveis aceitáveis para que tal atividade seja mantida de maneira constante ao longo do ano, seja para fêmeas como para machos. Concluindo, a atividade reprodutiva em populações de *G. geckoides* no Parque Nacional do Catimbau apresenta-se contínua, sem interrupções, sendo regulada, principalmente pelos níveis de temperatura corpórea dos individuos, independente dos níveis de precipitação. Contudo, é necessário considerar outros fatores, a exemplo da disponibilidade de alimento e predadores, juntamente com traços da História Natural, com o objetivo de compreender as variações das estratégias reprodutivas dessa espécie, e consequentemente a evolução dessa atividade em lagartos.

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer a todas as pessoas que participaram das pesquisas de campo, em busca dos lagartos, bem como a preparação das lâminas. Os autores também gostariam de agradecer ao Programa de Ecologia de Longa Duração (PELD) e Laboratório de Morfofisiologia de Vertebrados (LMV), pelo surporte em

campo e equipamentos de laboratório. Finalmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro ao projeto.

Literatura Citada

Abu-Zinadah, O.A. 2008. Variation in testicular histology of the spiny tailed lizard *Uromastyx aegyptius microlepis* during hibernation and active periods. Pakistan journal of biological sciences, 2008: 1615 – 1619.

Aguilar-Morales, M.M., Coutino, B.B., Salinas, P.R., 1996. Manual general de ˜ técnicas histológicas e histoquímicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Alcantara, E.P., C. Ferreira-Silva, J.G. Gonçalves-Sousa, D.H. Morais, and R.W. Ávila. 2019. Feeding ecology, reproductive biology, and parasitism of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 from a Caatinga area in Northeastern Brazil. Herpetological Conservation and Biology, 14: 641 – 647.

Almeida-Santos, S.M., H.B Braz, L.C Santos, L.R Sueiro, V.A Barros, C.A Rojas, and K.N Kasperoviczus. 2014. Biologia reprodutiva de serpentes: recomendações para a coleta e análise de dados. Herpetologia Brasileira, 3: 14 – 24.

Chaves, M.F., G.J de Moura, F.D.C Tenório, J.D.S Baptista, C.J Lapa Neto, V.W Texeira, and Á.A Texeira. 2017. Influence of rainfall and temperature on the spermatogenesis of *Leptodactylus macrosternum* (Anura: Leptodactylidae). Zoologia (Curitiba), 34: 1 – 7.

Costa, H.C., and R.S. Bérnils. 2018. Répteis brasileiros: lista de espécies. Herpetologia Brasileira, 7: 11–57.

Ferreira, A., I.A Laura, and H. Dolder. 2002. Reproductive cycle of male green iguanas, *Iguana iguana* (Reptilia: Sauria: Iguanidae), in the Pantanal region of Brazil. Journal of Morphological Sciences, 19, 23 – 28.

Ferreira, A., D.N Silva, M. Van Sluys, and H. Dolder. 2009. Seasonal changes in testicular and epididymal histology of the tropical lizard, *Tropidurus itambere* (Rodrigues, 1987), during its reproductive cycle. Brazilian Journal of Biology, 69: 429 – 435.

Ferreira, B. 2010. A região semi-árida nordestina: utilização de dados SRTM para mapeamento geomorfológico de parte dos municípios de Jatobá Petrolândia e Tacaratu, Sub-Médio São Francisco, PE. Ciência e Natura, 32: 143 – 158.

Hally, A.D. 1964. A counting method for measuring the volumes of tissue components in microscopical sections. Quarterly Journal of Microscopical Science,105: 503 – 517.

Hermosilla, I.B., L.S Coloma, G.H Weigertt, E.T Reyes, and V.O Gomez. 1986. Caracterizacion Del ovario de la “rana Chilena” *Caudiverbera caudiverbera* (Linne, 1758) (Anura, Leptodactylidae). Boletin de la Sociedad de Biologia de Concepción, 57: 37 – 47.

Hernández-Gallegos, O., G. Granados-González, J.L Rheubert, M. Villagrán-SantaCruz, E. Peña-Herrera, and K.M Gribbins. 2019. Lack of spermatogenic variation in a polymorphic lizard, *Sceloporus aeneus* (Squamata: Phrynosomatidae). Acta Zoologica, 100: 359 – 364.

Hopwood, D. 1990. Fixation e fixatives. In: Bancroft JD, Stevens A (Eds) Theory and practice of histological techniques. New York, Churchill Livingstone, 3rd ed., 21 – 42.

Ikeuchi, I. 2004. Male and female reproduc- tive cycles of the Japanese Gecko, *Gekko japonicus*, in Kyoto, Japan. Journal of Herpetology, 38: 269 – 274.

Lozano, A., A. Ramírez-Bautista, and M.C. Uribe. 2014. Oogenesis and Ovarian Histology in Two Populations of the Viviparous Lizard *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) From the Central Mexican Plateau. Journal of Morphology, 275: 949 – 960.

Lozano, A., M.C. Uribe, and A. Ramírez-Bautista. 2015. Seasonal and continuous spermatogenesis in the viviparous lizard *Sceloporus grammicus*, a study of two populations in contrasting environments from the Central Mexican Plateau. Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology, 254: 72 – 85.

Mamou, R., E. Moudilou, M. Amroun, and J.M Exbrayat. 2017. Reproductive cycle of male wall lizard, *Podarcis vaucheri* (Reptilia: Sauria: Lacertidae), in Djurdjura, Northern Algeria. Basic and Applied Herpetology, 31: 77 – 89.

Mandarim-de-Lacerda, C.A. 1995. Métodos quantitativos em morfologia. Rio de Janeiro, Eduerj, 131 pp.

Mathies, T. 2011. Reproductive cycles of tropical snakes. In *Reproductive biology and phylogeny of snakes*, 9: 511 – 550.

Mayhew, W.W. 1963. Reproduction in the granite spiny lizard *Sceloporus orcutti*. Copeia, 1963:144–152.

Melo, G.C., L.B Nascimento, and C.A Galdino. 2019. Lizard reproductive biology beyond the gonads: an investigation of sperm storage structures and renal sexual segments. Zoology, 135: 125 – 690.

Migliore, S., H. Braz, A. Barreto-Lima, and S. Almeida-Santos. 2017. Reproductive timing and fecundity in the Neotropical lizard Enyalius perditus (Squamata: Leiosauridae). Acta Herpetologica, 12: 187 – 191.

Moodley GK, van Wyk JH. 2007. Folliculogenesis and ovarian histology of the oviparous gecko, *Hemidactylus mabouia* (Sauria: Gekkonidae). Afr J Herpetol 56:115–135.

Norval, G., K. Slater., L.R. Brown, J. Mao and S.R. Goldberg. 2019. Interrelation of Fat Body Mass, Liver Mass, and Environmental Parameters on the Reproductive Cycle of the Brown Anole (*Anolis sagrei*), an Introduced Lizard in Taiwan. Herpetological Conservation and Biology 14: 67 – 79.Oliveira, C., C.A Vicentini, and S.R Taboga. 2003a. Structural characterization of nuclear phenotypes during *Scinax fuscovarius* spermatogenesis (Anura, Hylidae). Caryologia, 56: 75 – 83.

Oliveira, C., A.C Sant'anna, P.M Omena, L.R.S Santos, and R. Zieri. 2003b. Morphological considerations on the seminiferous structures and testes of anuran amphibians: *Bufo crucifer*, *Physalaemus cuvieri* and *Scinax fuscovarius*. Biociências, 11: 39 – 46.

Robinson, G., and T. Gray. 1990. Electron microscopy 2: Tissue preparation, sectioning and staining. In: Bancroft JD, Stevens A (Eds) Theory and practice of histological techniques. Edinburgh, 3rd ed., 525 – 562.

Pedrosa, I.M. M. D. C., T. B. Costa, R.G. Faria, F.G. R. França, D.O. Laranjeiras, T.C.S.P.D., Oliveira, and A.A. Garda. 2014. Herpetofauna of protected areas in the Caatinga III: The Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil. Biota Neotropica, 14: 1 – 12.

Santos, L.R., and C. de Oliveira. 2007. Morfometria testicular durante o ciclo reprodutivo de *Dendropsophus minutus* (Peters) (Anura, Hylidae). Revista Brasileira de Zoologia, 24: 64 – 70.

Sasso-Cerri, E., F. Faria, E. Freymuller, and S.M Miraglia. 2004. Testicular morphological changes during the seasonal reproductive cycle in the Bulfrog *Rana catesbiana*. Journal of Experimental Zoology, 301: 249 – 260.

Schuett, G.W. 1992. Is long-term sperm storage an important component of the reproductive biology of temperate pitvipers. In *Biology of the Pitvipers*, 1992: 169 – 184. Tyler, Texas: Selva.

Selby, S.M. 1965. Standard math tables. – Chemical Rubber Co. Cleveland, USA.

Sherbrooke, W.C. 1975. Reproductive cycle of a tropical teiid lizard, *Neusticurus ecpleopus* Cope, in Peru. Biotropica 7: 194 – 207.

Sousa, A.E.B.A., D.M Lima, and R.M Lyra-Neves. 2012. Avifauna of the Catimbau National Park in the brazilian state of Pernambuco, Brazil: species richness and spatio-temporal variation. Ver. Bras. Ornitol. 20: 230 – 245.

Souza-Oliveira, A.F., F.D.M Magalhães, and A.A Garda. 2017. Reproduction, diet and sexual dimorphism of *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 (Sauria: Squamata) from a Restinga area in northeastern Brazil. Journal of Natural History, 51: 2355 – 2372.

Torki, F.A.R.H.A.N.G. 2007. Reproductive cycle of the Snake-eyed Lizard *Ophisops elegans* Ménétriés, 1832 in western Iran. Herpetozoa, 20: 57 – 66.

Vitt, L.J. 1986. Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with a comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. Copeia 1986:773–786.

Weibel, E.R. 1979. Fleischner Lecture: loocking into the lung: what can tell us? American Journal of Roentgenology, 133: 1021–1031.

Zar, J.H., 1999. Biostatistical analysis. Prentice-Hall (4th ed.), New Jersey.

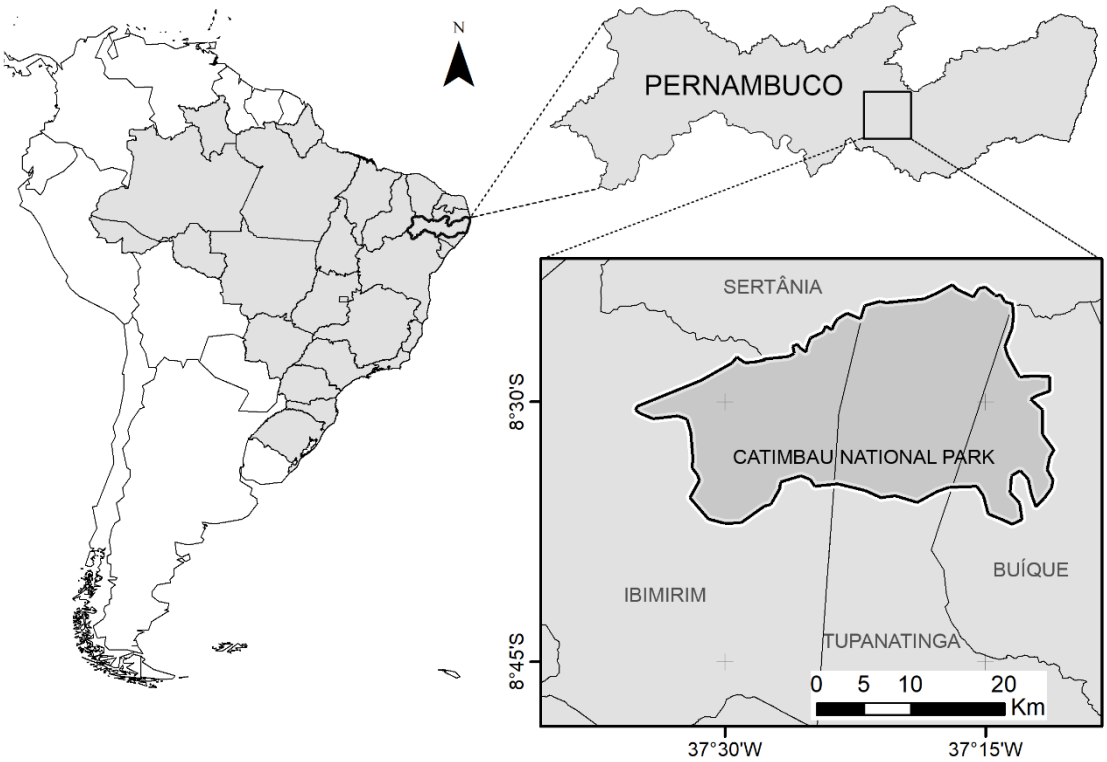

Figura 1. Mapa do estado de Pernambuco (PE) no Brasil, com localização do Parque Nacional do Catimbau no estado e os municípios que limitam a região da UC.

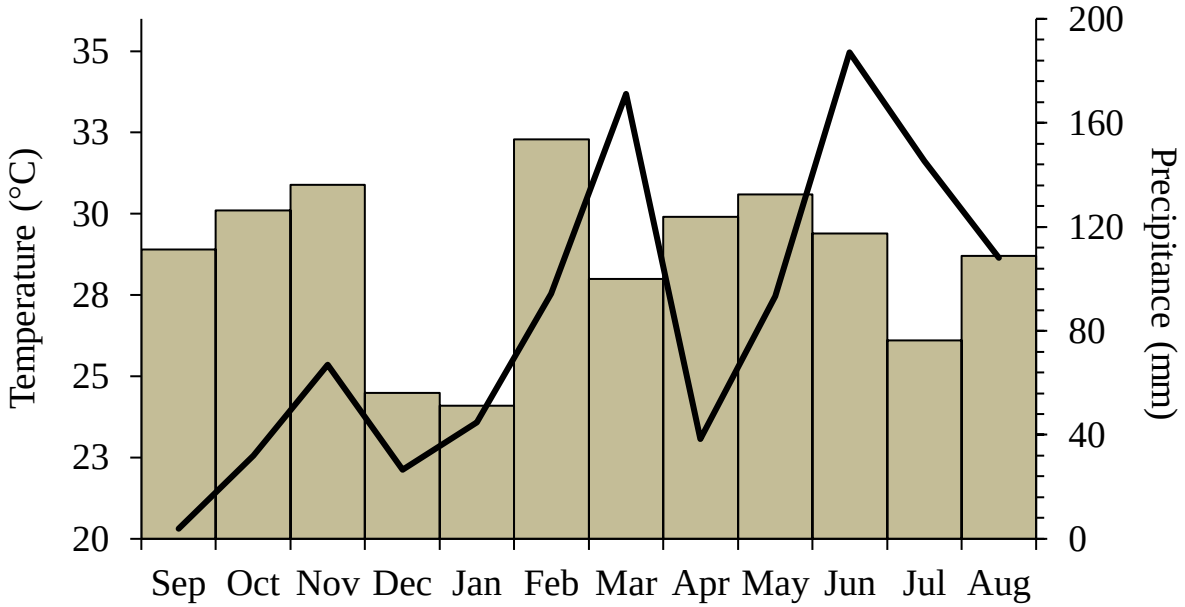

Figura 2. Variações climatlógicas no Parque Nacional do Catimbau com dados do município de Buíque, estado de Pernambuco, Brasil entre setembro de 2018 e agosto de 2019: precipitação total (mm – linha) e média de temperature mensal (°C – barras)

Tabela 1. Relação dos indivíduos de *G. geckoides* amostrados de acordo com os meses e anos de coleta no Parque Nacional do Catimbau, para ambos fêmeas e machos.

Sampling month	2018		2019		Total monthly
	Females	Males			
September	03	03			06
October	02	02			04
November	06	02			08
December	04	03			07
			Females	Males	
January			03	02	05
Febuary			02	06	08
March			02	05	07
April			03	04	07
May			03	02	05
June			04	04	08
July			03	03	06
August			04	02	06
Total					**77**

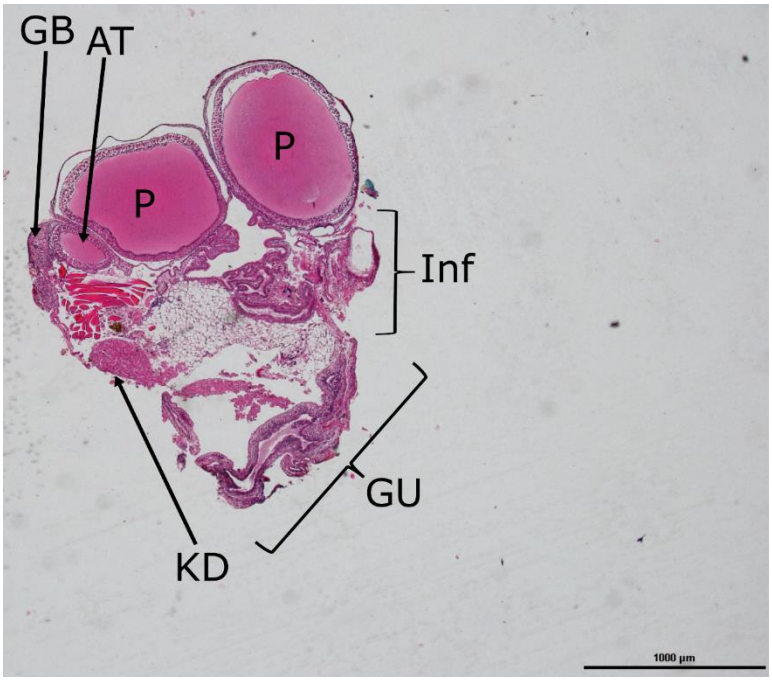

Figura 3. Corte frontal do oviduto de fêmeas de *Gymnodactylus geckoides* apresentando as regiões histológicas do oviduto. A região do ovário apresentando um único ovário em estágio previtelogênco (P) e folículo atrésico (AT), com Ooplasma preenchido por vitélos, apresentando Base Germinativa (GB) na periferia do ovário. Porções renais (K) e Útero Glandular (GU) conectado à região ovariana. A região do Útero Glandular detalhada apresentando numerosas glândulas uterinas na lamina propria, epitélio simples e alinhado no Lúmen, e Infundíbulo (Inf) fino e muscular, sem presença de estocagem de espermatozoides. (Barra de escala = 1 mm).

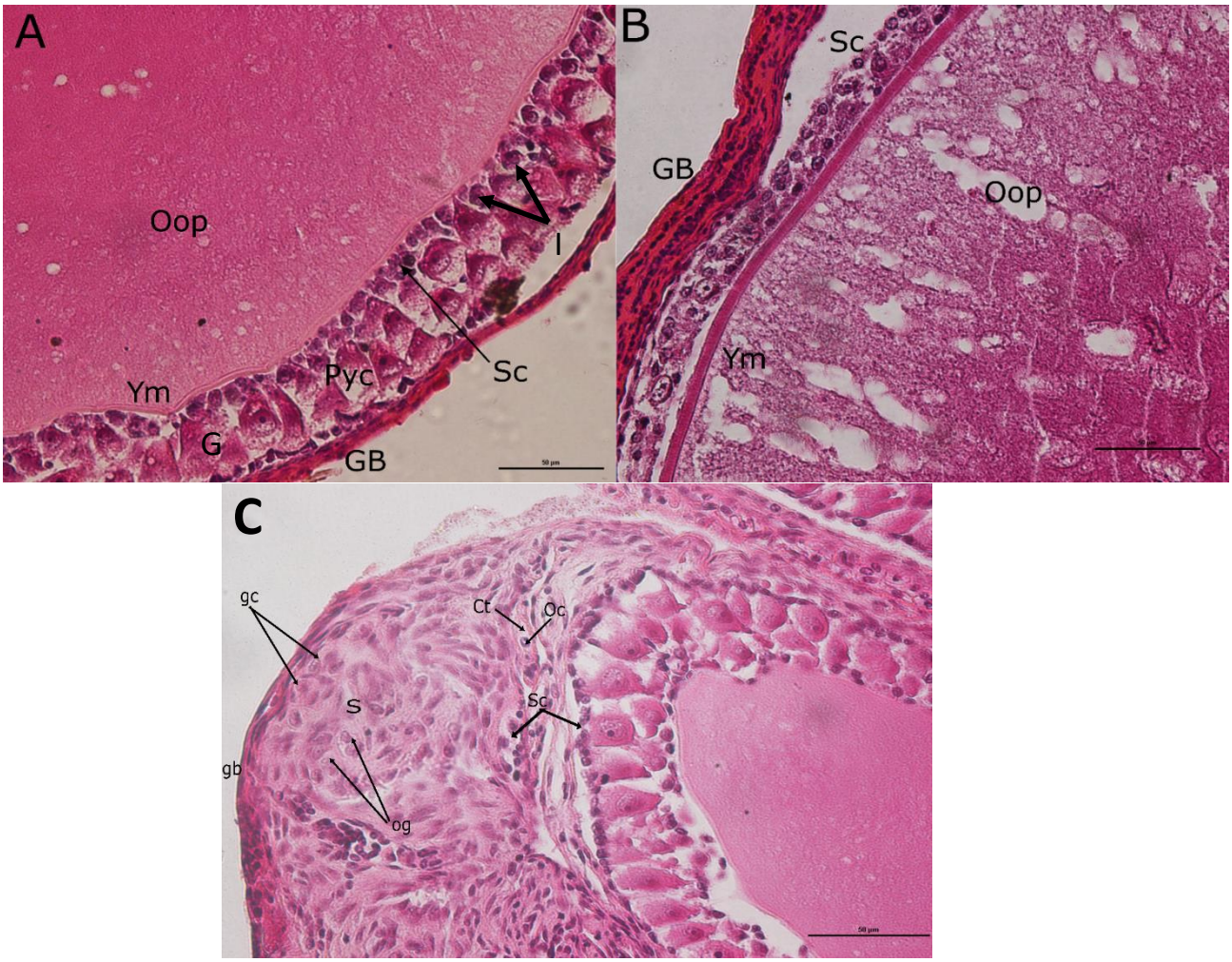

Fig.4 Folículos ovarianos em processo de maturação no estágio previtelogênico em *Gymnodatcylus geckoides*: (A) Epitélio polimórfico com multicamadas, com a Camada Granulosa (G) contendo células Piriformes (PyC), Intermediárias (I) e pequenas (SC), apresentando camada dupla; (B) Epitélio compost por uma única camada de células cuboides (SC) durante o progresso da fase Pré-vitelogênica. GB: Base Germinativa, YM: Membrana Vitelogênica, Oop: Ooplasma. (C) Visão detalhada da Base Germinativa (gb) no estágio Pré-Vitelogênico. Células germinais (gc) com formato ovoide ou comprimido, com Estroma ovariano (S) localizado no lado ventral da Base Germinativa. Base Germinativa contendo Oogonia (og) e Oócitos primários (oc), além de cromossomos fibrilares. Oócitos primários se deslocando para o Estroma, com células pequenas (sc), apresentando núcleos reduzidos e nucléolos. O citoplasma (ct) encontra-se mais evidente do que outras células do Estroma. H-E-Barra de Escala: 50 µm.

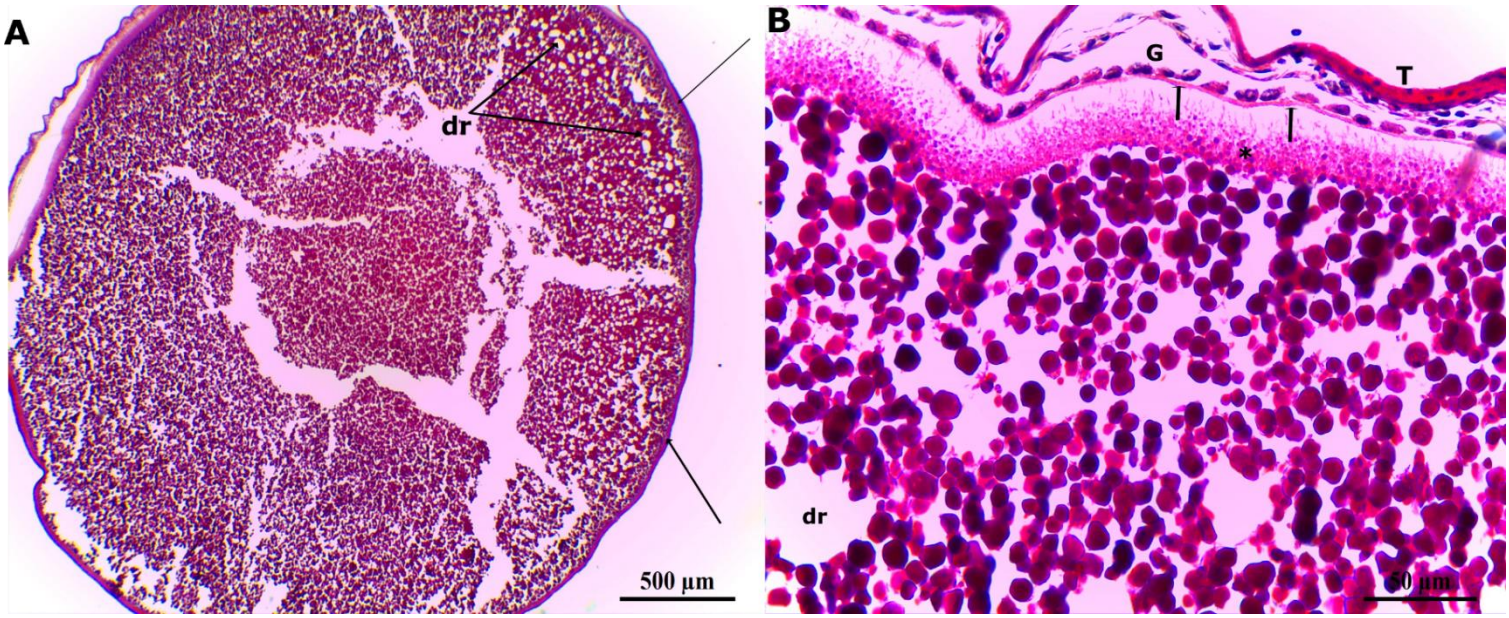

Fig. 5. Folículos ovarianos de *G. geckoides* do Parque Nacional do Catimbau em estágio Vitelogênico. (A) Depósitos pequenos e intermediários de lipídios (dr) e Zona Pellucida definida (setas) (Barra = 500 µm). (B) Detalhe da imagem A. Zona Pellucida (setas) apresentando banda hyalina e Zona Radiata. Gemas abundantes e pequenas (*) na região periférica da margem do ooplasma se movendo para a região central. Camada granulosa reduzida com células pequenas e cúbicas. Granulosa (G), and theca (T) (Barra = 50 µm).

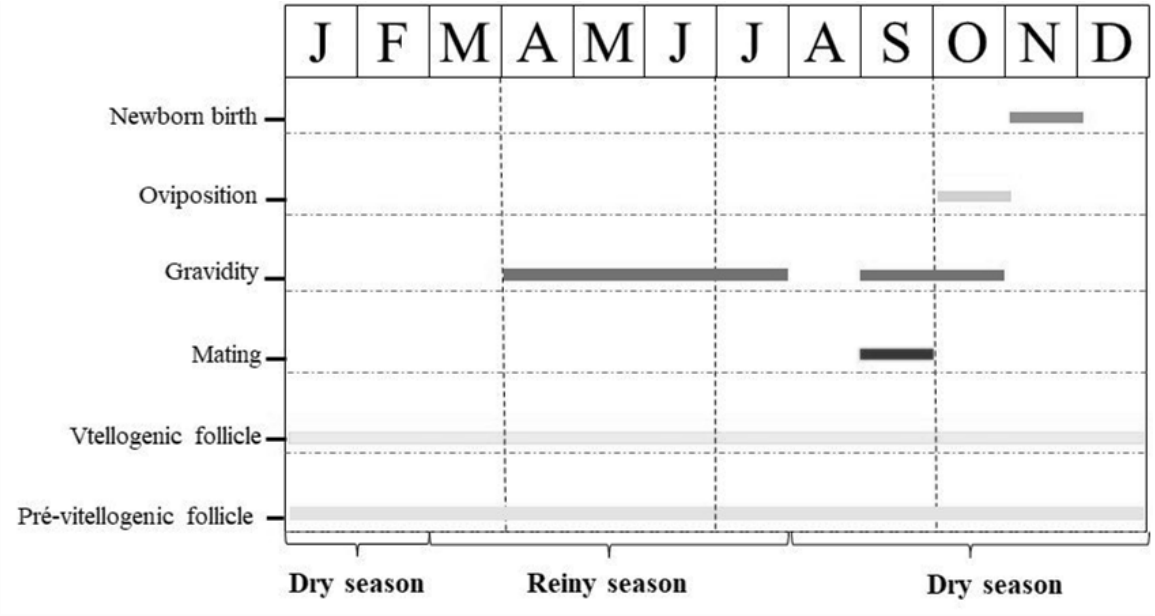

Fig. 6. Representação do ciclo reprodutivo de fêmeas de *G. geckoides* no Parque Nacional do Catimbau, incluindo maturação dos folículos, cópula, gestação, bem como deposição e eclosão dos ovos.

Tabela 2. Influência de fatores abióticos e bióticos sobre as condições das estruturas celulares, durante o processo de Oôgenese, na população de fêmeas de *G. geckoides* no Parque Nacional do Catimbau, estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil.

Celular structures (Females)	Biotic factors				Celular structures (Females)	Abiotic factors			
	Estimate	**Std. Error**	**z-value**	**p-value**		**Estimate**	**Std. Error**	**z-value**	**p-value**
Oocyte diameter					**Oocyte diameter**				
(Intercept)	8.672	4.518	1.920	**0.050**	(Intercept)	5.009	1.087	4.605	**< 0.001**
Precipitation	-0.032	0.018	-1.759	0.078	K1	-21.320	11.933	-1.787	0.074
Temperature	-0.051	0.125	-0.408	0.683	Gonadal Volume	0.010	0.021	0.469	0.638
Humidity	-0.005	0.019	-0.270	0.787	Body Temperature	0.107	0.045	2.376	**0.017**
Granulosa diameter					**Granulosa diameter**				
(Intercept)	4.972	3.027	1.642	**0.028**	(Intercept)	3.504	1.920	1.824	**0.05**
Precipitation	-0.001	0.001	-0.786	0.432	K1	-1.499	9.912	-0.146	0.883
Temperature	-0.015	0.062	-0.247	0.805	Gonadal Volume	0.227	0.278	0.815	0.415
Humidity	-0.044	0.132	-0.335	0.738	Body Temperature	0.015	0.063	0.24	0.81
Germinal bed diameter					**Germinal bed diameter**				
(Intercept)	-9.843	3.780	-2.604	**< 0.001**	(Intercept)	-1.589	1.836	-0.866	**0.021**
Precipitation	0.003	0.001	2.613	**< 0.001**	K1	22.667	9.204	2.463	**0.013**
Temperature	0.432	0.126	3.427	**< 0.001**	Gonadal Volume	0.728	0.265	2.738	**< 0.001**
Humidity	0.174	0.059	2.950	**< 0.001**	Body Temperature	0.151	0.060	2.491	**0.012**

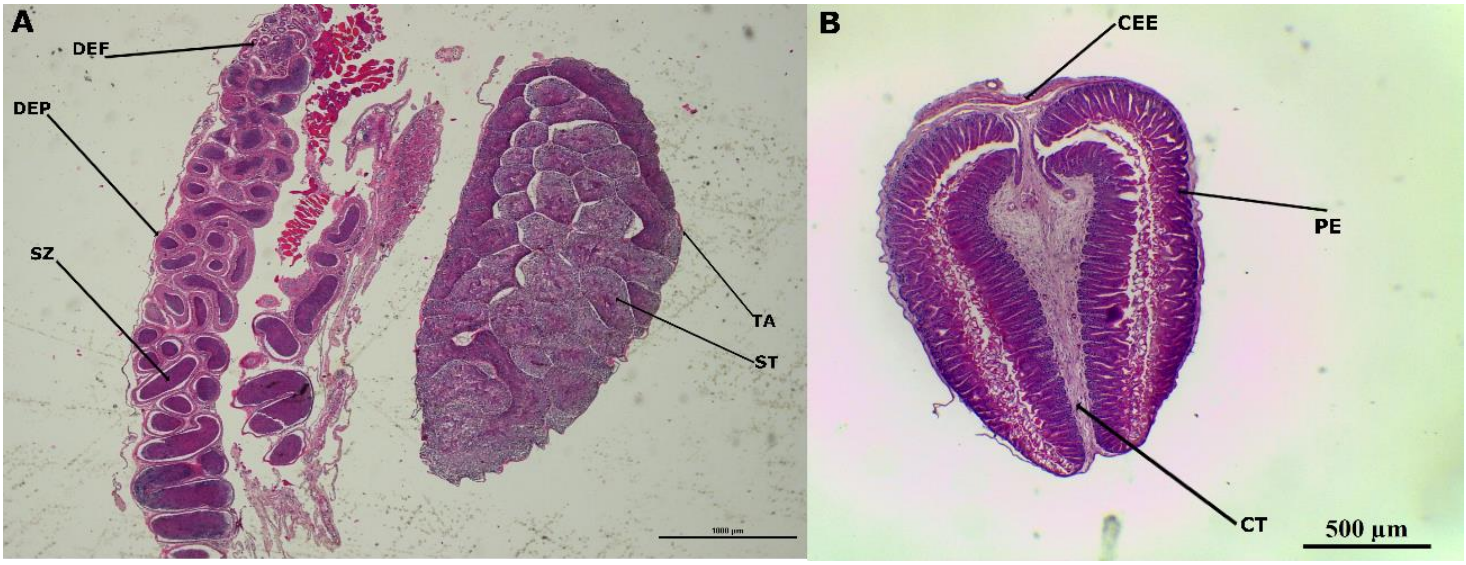

Fig. 7. Visão Panorâmica do testículo e dúctos testiculares (A) e hemipênis (B) de *G. geckoides* sexualmente maduros no Parque Nacional do Catimbau. Os testículos apresentaram Tubos Seminíferos com espermatozoides ativos, com os Tubos Seminíferos (ST) rodeados pela Túnica Albugínea (TA), contendo células reprodutivas em todos os estágios de maturação. Os Dúctos Eferentes (DEF)nao apresentaram espematozoides (Sz), enquanto os Dúctos do Epididimo (DEP) encontravam-se preenchidos por espermatozoides. Hemipênis com Tecido Conectivo (CT) na região central, circulado por Epitélio pregueado (PE) e Epitélio Colunar Estratificado (CEE). Barras de escala: A = 1mm; B = 0.5 mm.

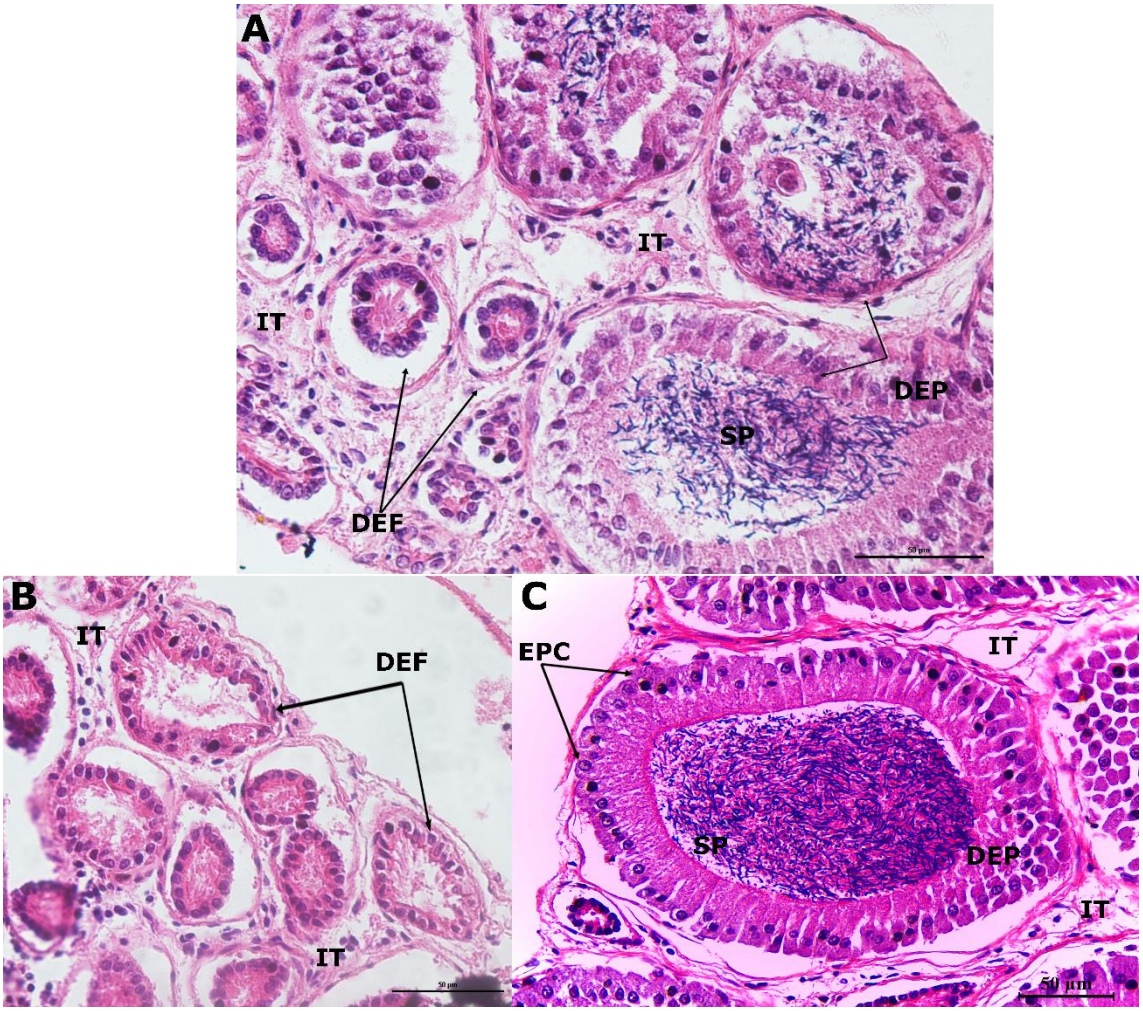

Fig. 8. Dúctos anteriores do testículo de *G. geckoides* no Parque Nacional do Catimbau. (A) Dúctos efferentes (DEF) e Dúctos o Epdidimo (DEP), circulados por Tecido Intersticial (IT) durante o processo de Espermatogênese. (A e B) Os Dúctps Eferentes não possuem estocagem de espermatozoides, circulados por Tecido Intersticial (IT). (A e C) Dúctos do Epidídimo contendo abundância de espermatozoides (SP), além de Células Epiteliais Colunares (EPC), cirulada por Tecido Intersticial (IT). O Epitélio Cuboidal dos Dúctos Deferentes possuem estereociclos alargados (cabeça das setas) em região atípica. Barras de escala A, B, C = 50 µm.

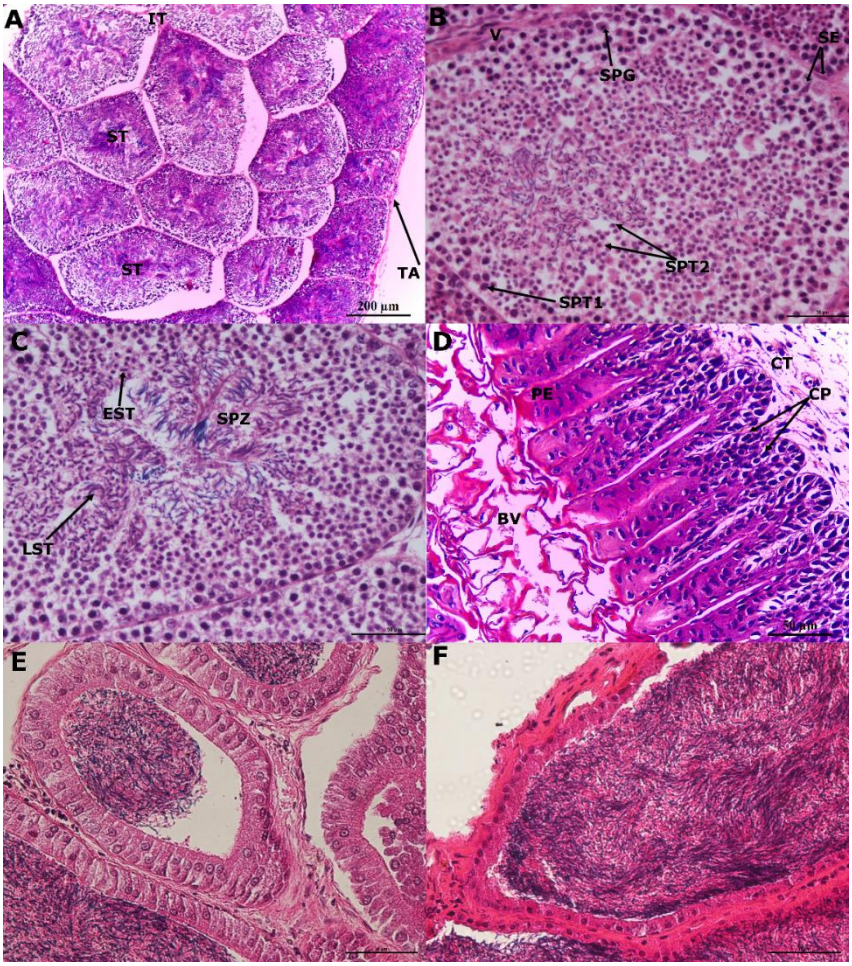

Fig. 9. Estruturas dos testículos e hemipênis de *G. geckoides* no Parque Nacional do Catimbau, sobre condições distintas, durante diversos momentos do ciclo reprodutivo. Todos od Túbos Seminíferos (ST) apresentaram contate espermiogêneses, envolvidos pela Túnica Albugínea (TA), variando a atividade de maturação de um tubo para outro (A). Tubos seminíferos durante o processo de espermiogêneses, com presença de vasos sanguíneos (v) e Células de Sertolli (SE) na região periférica, com abudânca de espermatogônia (SPG), Espermatócitos Primários (SPT1) e Secundários (SPT2) (B). Tubos Seminíferos em processo de espermiação, com grande abundância de espermátides iniciais (EST) e finais (LST), bem como espermatozoides (SPZ) (C). Estruturas internas e externas do hemipênis envolvidos por vasos sanguíneos (BV) e Epitélio pregueado (PE), tecido conectivo (CT) e células pregueadas (CP) (D). Dúctos do epdídimo, alinhados por uma fina camada de células epiteliais, sempre preenchidos por células reprodutivas em estágios finaisde maturação. Camada contendo diferenças de espessura de acordo com os processos de espermiogênese e espermiação (E e F). Barras de escala: A = 0.2 mm; B,C,D,E,F = 50 µm.

Tabela 3. Teste ANOVA para verificar diferenças ao longo do ciclo anual (meses), bem como entre fases do ciclo espermatogênico em estruturas celulares, estágios de desenvolvimento das células reprodutivos, nos testículos e tubos seminíferos de *G. geckoides*, no Parque Nacional do Catimbau, estado de Pernambuco, Nordeste, Brasil.

Analyzed pattern	Model	F	P
Seasonality			
	Seminiferous tubule diameter	4.54	< 0.001
	Seminiferous epithelium height	10.94	< 0.001
	Ductuli efferentes diameter	11.40	< 0.001
	Ductus epididymis diameter	13.09	< 0.001
	Ductus epididymis heigth	21.98	< 0.001
	Primary spermatocytes	9.41	< 0.001
	Secondary spermatocytes	12.02	< 0.001
	Sperms	18.94	< 0.001
Annual cycle			
	Seminiferous tubule diameter	2.15	< 0.01
	Seminiferous epithelium height	4.04	< 0.001
	Ductuli efferentes diameter	12.48	< 0.001
	Ductus epididymis diameter	3.44	< 0.001
	Ductus epididymis heigth	10.89	< 0.001
	Primary spermatocytes	5.77	< 0.001
	Secondary spermatocytes	5.62	< 0.001
	Sperms	10.88	< 0.001

Tabela 4. Resumo de modelos GLM entre as estruturas analisadas, bem como células reprodutivas dos tubos seminíferos em *G. geckoides*, para fatores abióticos (Temperatura, precipitação e umidade) e bióticos (temperature corpórea, crescimentos corpóreo e volume das gônadas) no Parque Nacional do Catmbau, estado de Pernambuco, Nordeste, Brasil.

Model Analyzed	Abiotic factors					Biotic factors				
	Effect	Estimate	Std. Error	t	P	Effect	Estimate	Std. Error	t	P
Seminiferous tubule diameter	Intercept			1.62	0.1	Intercept			2.66	< 0.001
	Precipitance	0.22	0.15	1.45	0.14	Body temperature	-0.11	2.67	-0.04	0.94
	Temperature	0.7	5.98	0.11	0.9	K1	125.17	153.89	0.81	0.41
	Humidity	0.41	0.88	0.47	0.63	Gonadal Volume	8,00	1.82	4.39	< 0.001
	Overall model: F = 0. 87; r = 0.01, *P* = 0.45					Overall model: F = 7. 13; r = 0.08, *P* < 0.001				
Seminiferous epithelium height	Intercept			2.49	< 0.01	Intercept			3.38	< 0.001
	Precipitance	0.15	0.07	2.1	0.03	Body temperature	-5,00	1.31	-3.81	< 0.001
	Temperature	-2.11	2.86	-0.73	0.46	K1	-39.94	75.06	-0.53	0.59
	Humidity	0.05	0.42	0.13	0.89	Gonadal Volume	-0.51	0.89	-0.57	0.56
	Overall model: F = 2. 05; r = 0.02, *P* < 0.01					Overall model: F = 5. 09; r = 0.06, *P* < 0.001				
Ductuli efferentes diameter	Intercept			5.02	< 0.001	Intercept			2.99	< 0.001
	Precipitance	-0.01	0.04	-0.18	0.85	Body temperature	-3.4	0.93	-3.66	< 0.001
	Temperature	-8.27	1.87	-4.4	< 0.001	K1	4.55	52.79	-0.08	0.93
	Humidity	-0.15	0.27	-0.57	0.56	Gonadal Volume	-0.74	0.63	-1.17	0.24
	Overall model: F = 15.98; r = 0.18, P < 0.001					Overall model: F = 5. 38; r = 0.06, *P* < 0.001				
Ductus epididymis diameter	Intercept			-0.14	0.88	Intercept			1.37	0.17
	Precipitance	0.04	0.13	0.36	0.71	Body temperature	-5.76	2.44	-2.35	< 0.01
	Temperature	6.62	5.26	1.25	0.2	K1	-132.28	139.52	-0.94	0.34

	Humidity	1.55	0.78	1.98	0.04	Gonadal Volume	1.90	1.65	1.15	0.25
	Overall model: F = 1.54; r = 0.02, P = 0.20					Overall model: F = 2.36; r = 0.03, *P* = 0.07				
Ductus epididymis height	Intercept			1.01	0.31	Intercept			0.20	0.83
	Precipitance	0.07	0.06	1.16	0.24	Body temperature	-3.67	1.12	-3.27	< 0.001
	Temperature	0.42	2.45	0.17	0.86	K1	-168.57	64.79	-2.6	< 0.001
	Humidity	0.36	0.36	0.99	0.32	Gonadal Volume	0.28	0.75	0.37	0.70
	Overall model: F = 1.19; r = 0.01, P = 0.31					Overall model: F = 4.48; r = 0.05, *P* < 0.001				
Primary Spermatocytes	Intercept			-1.2	0.22	Intercept			1.03	0.30
	Precipitance	-0.15	0.14	-1.17	0.24	Body temperature	0.38	0.08	4.78	< 0.001
	Temperature	0.55	0.19	2.91	< 0.01	K1	5.50	5.54	0.99	0.32
	Humidity	0.01	0.02	0.47	0.63	Gonadal Volume	-0.24	0.06	-3.89	< 0.001
	Overall model: F = 6.00; r = 0.06, P < 0.001					Overall model: F = 13.85; r = 0.13, P < 0.001				
Secondary Spermatocytes	Intercept			2.34	< 0.01	Intercept			2.24	0.02
	Precipitance	0.17	0.17	0.99	0.32	Body temperature	0.24	0.13	1.88	0.06
	Temperature	-0.18	0.3	-0.61	0.54	K1	8.21	9.09	0.90	0.36
	Humidity	-0.04	0.04	-0.97	0.33	Gonadal Volume	-0.26	0.10	-2.62	< 0.001
	Overall model: F = 0.64; r = 0.07, P = 0.58					Overall model: F = 3.91; r = 0.04, P < 0.001				
Espermatozoa	Intercept			6.83	< 0.001	Intercept			1.55	0.12
	Precipitance	0.02	0.01	1.9	0.05	Body temperature	-0.56	0.27	-2.06	0.03

Temperature	-3.05	0.57	-5.33	< 0.001	K1	-10.05	18.50	-0.54	0.58
Humidity	-0.32	0.08	-3.99	< 0.001	Gonadal Volume	0.38	0.20	1.90	0.05
Overall model: F = 10.26; r = 0.10, P < 0.001					Overall model: F = 2.94; r = 0.03, P = 0.03				

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente trabalho reporta dados autoecológicos para espécie *Gymnodactylus geckoides*, utilizando indivíduos coletados em fragmento de Caatinga na região do Parque Nacional do Catimbau, estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Além disso, o presente trabalho reporta dados inéditos para a espécie, considerando níveis bioquímicos (Porteína, lipídio e glicogênio), modelagem (distribuição e preferência de micro-habitat), reservas energéticas (Lipídicas, hepáticas e gonadais), bem como estudos de histologia de estruturas reprodutivas (ovários e testículos).

A partir dos dados obtidos, o presente estudo permite classificar a espécie de acordo com uma ampla gama de características ecológicas. Com relação à dieta, esta demonstrou baixa diversidade, composta principalmente por térmitas (Isóptera) e coleópteras, os quais apresentaram maior importância relativa, seja para estômagos agrupados e/ou individuais. Apesar da baixa diversidade, a dieta calssifica este lagarto como um típico generalista, tendendo a consumir presas de acordo com a sua disponibilidade no ambiente. Mediante as mudanças da disponibilidade de presas no ambiente, o presente estudo apresentou variância no número de presas ingeridas por indivíduos, sendo consumido um maior número durante períodos de estiagem, mantendo, no entanto o volume de presas ingeridas constante. Os testes bioquímicos por sua vez reforçam essa situação de disponibilidade, uma vez que presas energeticamente vantajosas (larvas e artrópodes de maior volume) tendem a aprensentar maior disponibilidade durante períodos de chuva abundante. Devido à ausência de dirmorfismo sexual e similaridade de micro-habitat, fêmeas e machos tendem a consumir presas similares, em proporções similares.

Considerando o a especificidade microambiental, o processo de modelagem e registros de microhabitats indicam que *G. geckoides* são capazes de utilizar uma ampla diversidade de microhabitats, sendo inviável sua classificação como uma espécie rupícola, sejam fêmeas ou machos. Os dados também revelaram preferências por ambientes que auxiliam na termorregulação, especialmente macambiras (*Echolirium espectabili*) quando presentes no ambiente. Como outros geckos estudados, *G. geckoides*

tende a manter a temperatura corpórea mais amena em relação à temperatura ambiental, o que representa uma estratégia de adaptação a períodos de temperaturas muito elevadas. Os dados revelam baixa competição interespecífica, bem como alta plasticidade, representando grande capacidade de adaptação da espécie em relação à modificações ambientais.

A relação Parasito-Hospedeiro, por sua vez, revelou helmintos com ciclo de vida indireto (heteroxeno). Acantocéfalos tendem a estar fortemente associado à dieta, especialmente à ingestão de coleópteros, bem como sazonalidade, sendo encontrada maior intensidade de infecção períodos chuvosos. *G. geckoides* atua como hospedeiro paratênico de acantocéfalos, os quais possuem hospedeiros definitivos aves e mamíferos. Os nematódeos registrados, por sua vez, podem utilizar uma ampla gama de insetos como hospedeiros intermediários, e lagartos como seus hospedeiros finais. Além disso, o hábito terrestre e a tática de forrageio senta-espera também favorecerem o processo de reinfecção pelos helmintos registrados. Com relação à morfologia e sexo, o comprimento corpóreo influencia de forma significativa a intensidade de infecção de acantocéfalos, sendo associados a fatores como: maior oportunidade de ingestão de presas contaminadas por indivíduos maiores, maior espaço para compartilhar recursos dos hospedeiros, bem como redução da imunidade do hospedeiro. Como fêmeas e machos apresentam morfologia similar, além de ingestão de tipos, volume e quantidade de presas, bem como uso de micro-habitat, a intensidade não apresenta variação entre os grupos.

As reservas energéticas, bem como modificação das estruturas e maturação de células reprodutivas, revelaram reprodução acíclica, na qual *G. geckoides* tende a modificar sua atividade reprodutiva de acordo com períodos mais favoráveis a distintas fases do processo reprodutivo, de acordo com a sazonalidade e recursos ambientais. Fêmeas e machos tendem a utilizar mais gama de reservas energéticas, especialmente lipídios para processos de cópula, o qual ocorre em maior frequência durante períodos de estiagem. Por outro lado, essas reservas tendem apresentar maiores acúmulos para o processo de gestão das fêmeas, o quais apresentam-se com maior frequencia durante períodos de chuvas. Devido ao hábito senta espera e disponibilidade de recursos suficientes, a energia utilizada para atividades como termorregulação, alimentação e

maturação celular, demandam baixa quantidade de energia, indicando também que *G. geckoides* encontra-se apto para a reprodução em qualquer período, podendo produzir mais de uma ninhada por ano.

O presente estudo corrobora com teórias previamente propostas, além de ir em contrapartida com algumas e acrescentar novos dados autoecológicos para *Gymnodactylus geckoides*. Além disso, os resultados obtidos contribuem de forma significativa para os conhecimentos sobre ecologia e história natural dessa espécie, representando grande valia para a conservação da mesma, bem como do domínio que habita (Caatinga).