

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Ciências Biológicas - ICB

Programa de Pós-graduação em Parasitologia

Amanda Lorena Marques Rosa

**ESTUDO COMPARATIVO SOBRE A ESTRUTURA DAS COMUNIDADES DE  
METAZOÁRIOS ENDOPARASITOS DO LAGARTO *Gonatodes humeralis*  
(Guichenot, 1855) (SQUAMATA: SPHAERODACTYLIDAE), EM DUAS ÁREAS  
COM DIFERENTES GRAUS DE IMPACTO ANTRÓPICO NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LUÍS, MARANHÃO, BRASIL**

Belo Horizonte

2024

Amanda Lorena Marques Rosa

**Estudo Comparativo sobre a estrutura das comunidades de metazoários endoparasitos do Lagarto *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) (Squamata: Sphaerodactylidae), em duas áreas com diferentes graus de impactos antrópicos no Município de São Luís, Maranhão, Brasil**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Parasitologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Parasitologia.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Bisaggio Pereira  
Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Paschoal de Oliveira

Belo Horizonte

2024

043

Rosa, Amanda Lorena Marques.

Estudo comparativo sobre a estrutura das comunidades de metazoários endoparasitos do Lagarto *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) (Squamata: Sphaerodactylidae), em duas áreas com diferentes graus de impactos antrópicos no município de São Luís, Maranhão, Brasil [manuscrito] / Amanda Lorena Marques Rosa. – 2024.

69 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Felipe Bisaggio Pereira. Coorientador: Fabiano Paschoal de Oliveira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Parasitologia.

1. Parasitologia. 2. Helmintos. 3. Lagartos. 4. Nematóides. 5. Biodiversidade. I. Pereira, Felipe Bisaggio. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 576.88/89



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**TÍTULO:** "Estudo comparativo sobre a estrutura das comunidades de metazoários endoparasitos do lagarto *Gonatodes humeralis* (Squamata: Sphaerodactylidae), em duas áreas com diferentes impactos antrópicos no município de São Luís, Maranhão, Brasil"

**ALUNA: AMANDA LORENA MARQUES ROSA**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: HELMINTOLOGIA**

**DISSERTAÇÃO: 467/2024/05**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **vinte e dois de agosto 2024**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação Parasitologia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes doutores:

**Lorena Gisela Ailán-Choke**

(CECOAL)-CONICET, Corrientes, Argentina

**Nelder de Figueiredo Gontijo**

UFMG

**Fabiano Paschoal de Oliveira - Coorientador**

UERJ

**Felipe Bisaggio Pereira - Orientador**

UFMG

Belo Horizonte, 22 de agosto de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Bisaggio Pereira, Professor do Magistério Superior**, em 02/09/2024, às 14:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Fabiano Paschoal de Oliveira, Usuário Externo**, em 02/09/2024, às 14:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Nelder de Figueiredo Gontijo, Professor do Magistério Superior**, em 03/09/2024, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3405319** e o código CRC **D405FC76**.

---

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me guiar até aqui e por me dar luz, sabedoria e perseverança em minha trajetória acadêmica na UFMG.

Ao meu orientador Felipe Bisaggio Pereira por ter me ensinado muitas coisas novas dentro da parasitologia e por ter me apoiado, incentivado e orientado durante todo o meu percurso no mestrado. Após esses dois anos em seu laboratório, vou levar comigo muito aprendizado sobre o fazer científico e serei sempre uma admiradora do seu trabalho, da sua humildade e humanidade.

À FAPEMIG pelo suporte financeiro e ao Programa de Pós Graduação em Parasitologia da UFMG pela oportunidade de realizar esse mestrado.

Ao meu coorientador Fabiano Paschoal de Oliveira e ao professor Dr. Jorge Nunes da UFMA por me receber em seu laboratório em São Luís e permitir que eu realizasse minhas atividades de análise dos hospedeiros desse estudo em seu laboratório. Agradeço também a ajuda e o trabalho realizado por seus dois alunos Filipe Menks e Saturno e ao biólogo Alessandro Menks, que nos ajudou nas coletas e identificações.

Aos meus amigos do Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Helminhos pela parceria durante esse tempo. Sobretudo ao Gustavo pelas boas risadas, ao João pelas ótimas conversas e a Lorena e a Ailin pela companhia, apoio e por sua energia contagiante.

À minha amiga de longa data, Bruna, agradeço pelos nossos momentos de descontração e troca de idéias. Também agradeço à Professora Héliida por me dar muito apoio e à Thabata e ao Ramon pelos cafezinhos da tarde e pelas ótimas conversas.

Aos meus amigos da pós, Agustin, Hill e Giovana pela troca de conhecimento e pelos bons momentos juntos.

Aos amigos do Laboratório de Malária pela parceria, sobretudo ao Pedro e ao Luiz. Obrigada também pelos ensinamentos e por me chamarem para ajudar em campo, pois pude aprender muita coisa.

Aos meus amigos Thayná e André por me apoiarem e por me ouvirem desde sempre. Aos meus demais amigos por sempre estarem comigo e por me trazerem muita alegria.

Aos meus pais, Fausta e Denilson por me guiarem durante toda a minha vida e por serem minha fonte de força nos momentos complicados. Obrigada por seu amor e pelo seu zelo. Aos meus tios, primos e primas por torcerem por mim e aos meus avós.

Agradeço também a todos os professores e técnicos que fizeram e fazem parte da minha formação.

## RESUMO

Nos últimos anos, estudos parasitológicos envolvendo helmintos que infectam répteis escamados no Brasil têm crescido acentuadamente. Apesar deste crescimento, a diversidade e riqueza de espécies de helmintos que parasitam lagartos, bem como os fatores que estruturam as comunidades parasitárias formadas por eles, ainda são pouco conhecidos e explorados no país, dado o alto potencial de biodiversidade tanto de parasitos, quanto de hospedeiros presentes. *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) é um pequeno lagarto, abundantemente distribuído ao longo de diferentes países da América Latina. Apesar de seus aspectos comportamentais, ecológicos e filogenéticos serem bem conhecidos, estudos aprofundados sobre a composição de sua comunidade parasitária são inexistentes no Brasil, sendo que os estudos relacionados estão restritos a amostragens pequenas, em que apenas quatro espécies de nematoides são conhecidas parasitando *G. humeralis*. O objetivo do presente estudo foi avaliar de forma comparativa a estrutura da comunidade de metazoários parasitos do lagarto *G. humeralis*, em duas áreas com diferentes graus de preservação ambiental no estado do Maranhão, Brasil. A primeira área foi o Parque Estadual do Bacanga (P.E.), criado com o objetivo de preservar o manancial subterrâneo e os corpos hídricos superficiais. Apesar de ser uma área de preservação, o (P.E.) do Bacanga tem sido muito afetado por atividades antrópicas e o aumento da urbanização na região onde está inserido. A segunda área de coleta foi a Área de Proteção Ambiental (APA) do Itapiracó. Essa APA foi criada com os objetivos de proteger as nascentes e preservar a biodiversidade remanescente do domínio amazônico. Os hospedeiros foram capturados manualmente por busca ativa, durante os meses de outubro e novembro de 2023. Foram capturados 132 indivíduos, sendo 85 na APA do Itapiracó e 47 no (P.E.) do Bacanga. A comunidade parasitária foi composta por cestódeos identificados como *Oochoristica* sp., nematoides identificados como *Skrjabinelazia galliardi* (Chabaud, 1973) e digenéticos encontrados em apenas dois hospedeiros na APA do Itapiracó, identificados como *Mesocoelium* sp. O sexo (macho ou fêmea) e a ontogenia (adulto ou jovem) dos hospedeiros estiveram relacionados ao peso e tamanho (comprimento rostro-cloacal [CRC]) dos lagartos, de forma que os machos e adultos apresentaram maior peso e CRC, em ambas as

áreas de estudo. A localidade e o sexo, quando interagindo com o CRC, influenciaram a abundância de *S. galliardi*, a qual foi maior na APA do Itapiracó, nos machos. As mesmas variáveis não influenciaram a abundância de cestódeos nem a prevalência destes e de *S. galliardi*. Como *Mesocoelium* sp. foi encontrada em apenas uma área de estudo e com prevalência e abundância muito baixas, não foi incluída em tais análises estatísticas. *Skrjabinelazia galliardi* foi a espécie mais dominante no geral. Também concluímos que, estatisticamente, as duas áreas de estudo apresentam comunidades parasitárias muito similares, apesar de terem níveis de impacto antrópico diferentes. Foi aparente que o tamanho corporal dos hospedeiros exerceu influência sobre as taxas de infecção, sendo que hospedeiros maiores normalmente são mais velhos, proporcionando mais espaço para a colonização de parasitos e estando mais tempo no ambiente exposto às infecções. As comunidades de parasitos apresentaram baixa diversidade e riqueza, alta dominância e ausência de interação entre espécies, o que denota uma estrutura típica de comunidades formadas por endoparasitos em répteis.

**Palavras-chave:** metazoários parasitos, biodiversidade, ecologia, *G. humeralis*

## ABSTRACT

In recent years, parasitological studies involving helminths infecting squamate reptiles in Brazil have significantly increased. Despite this growth, the diversity and richness of helminth species parasitizing lizards, as well as the factors structuring their parasitic communities, remain poorly understood and explored in the country, given the high potential biodiversity of both parasites and their hosts. *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) is a small lizard widely distributed across numerous Latin American countries. Although its behavioral, ecological, and phylogenetic aspects are well-known, amplified studies on the composition of its parasitic community are lacking in Brazil, with related studies limited to small samplings where only four species of nematodes are known to parasitize *G. humeralis*. The aim of this study was to comparatively evaluate the structure of the metazoan parasite community of the lizard *G. humeralis* in two areas with different degrees of environmental preservation in the state of Maranhão, Brazil. The first area was the Bacanga State Park, established to preserve underground water sources and surface water bodies. Despite being a conservation area, Bacanga State Park has been heavily impacted by human activities and increased urbanization in the region where it is located. The second collection area was the Itapiracó Environmental Protection Area, created to protect springs and preserve the remaining biodiversity of the Amazon domain. Hosts were manually captured through active search during October and November 2023. A total of 132 individuals were captured, with 85 from the Itapiracó Area and 47 from Bacanga State Park. The parasite community consisted of cestodes identified as *Oochoristica* sp., nematodes identified as *Skrjabinelazia galliardi* (Chabaud, 1973), and digeneans found in only two hosts in the Itapiracó Area, identified as *Mesocoelium* sp. The host's sex (male or female) and ontogeny (adult or juvenile) were related to weight and size (rostral-cloacal length [RCL]) of the lizards, with males and adults showing greater weight and RCL in both study areas. Location and sex, when interacting with RCL, influenced the abundance of *S. galliardi*, which was higher in males in the Itapiracó Area. The same variables did not influence the abundance or prevalence of cestodes or *S. galliardi*. Due to its presence in only one study area with very low prevalence and abundance, *Mesocoelium* sp. was not included in statistical analyses. *Skrjabinelazia galliardi* was the most dominant species overall. Additionally, we concluded that statistically, the

two study areas exhibited very similar parasite communities despite differing levels of anthropogenic impact. It was apparent that host body size influenced infection rates, with larger hosts typically being older, providing more space for parasite colonization, and spending more time in the environment exposed to infections. The parasite communities showed low diversity and richness, high dominance, and no interaction among species, indicating a typical structure of communities formed by endoparasites in reptiles.

**Keywords:** metazoan parasites, biodiversity, ecology, *G. humeralis*

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Lagarto <i>G. humeralis</i> (Guichenot, 1855), fêmea e macho coletados em campo.....	<b>18</b>
<b>Figura 2:</b> Localização da cidade de São Luís, no estado do Maranhão, Brasil. Local onde foram realizadas as coletas dos hospedeiros desse estudo. ....	<b>19</b>
<b>Figura 3:</b> Procedimentos para coloração de digenéticos e cestoides.....	<b>27</b>
<b>Figura 4:</b> <i>Mesocoelium</i> sp. parasito do lagarto <i>Gonatodes humeralis</i> , coletado no município de São Luis, Maranhão, Brazil.....	<b>30</b>
<b>Figura 5:</b> <i>Oochoristica</i> sp. parasito do lagarto <i>Gonatodes humeralis</i> , coletado no município de São Luis, Maranhão, Brasil.....	<b>31</b>
<b>Figura 6:</b> Fêmeas de <i>Skrjabinelazia galliardi</i> parasitos do lagarto <i>Gonatodes Humeralis</i> , coletado no município de São Luiz, Mranhão, Brasil.....	<b>33</b>
<b>Figura 7:</b> Duas diferentes trilhas dentro do Parque Estadual do Bacanga, no município de São Luís, Maranhão, locais onde foram realizadas as coletas dos hospedeiros.....	<b>42</b>
<b>Figura 8:</b> Diferentes áreas no interior da APA do Itapiracó. . ....	<b>44</b>
<b>Figura 9:</b> Análise de agrupamento, com base na matriz de similaridades de Bray-Curtis, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto <i>Gonatodes humeralis</i> , coletado no município de São Luís, Maranhão, Brasil, utilizando a localidade de coleta como fator.....	<b>50</b>
<b>Figura 10:</b> Análise de agrupamento, com base na matriz de similaridades de Jaccard, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto <i>Gonatodes humeralis</i> , coletado no município de São Luís, utilizando a localidade de coleta como fator.....	<b>51</b>
<b>Figura 11:</b> Análise de escalonamento, com base na matriz de similaridades de Bray-Curtis, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto <i>Gonatodes humeralis</i> .....	<b>52</b>
<b>Figura 12:</b> Análise de escalonamento, com base na matriz de similaridades de Jaccard, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto <i>Gonatodes humeralis</i> . ....	<b>52</b>

## Lista de abreviaturas e siglas

AM – Abundância média

APA – Área de Proteção Ambiental

CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão

CRC – Comprimento rostro cloacal

GLM – Modelo Linear Generalizado

HB – índice de Brillouin, para mensurar a diversidade

IC – Intervalo de confiança de um dado estatístico

ID – índice de discrepância, que está relacionado com a dispersão das espécies de parasitos nas populações de hospedeiros

OR – “*odds ratio*” : a razão de chance de cada variável preditora

P.E – Parque Estadual

SBAP – Superintendência de Biodiversidade e Áreas Protegidas

SISBIO – Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SisGen – Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado

µm – Micrometros

## Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	15
1.1 Ecologia parasitária e fatores ambientais .....	16
1.2 <i>Gonatodes humeralis</i> (Guichenot, 1855) .....	17
1.3 Área de estudo .....	18
<b>2. Justificativa</b> .....	20
<b>3. Objetivos</b> .....	21
3.1 Objetivo Geral .....	21
3.2 Objetivos Específicos .....	22
<b>CAPÍTULO I: TÁXONS E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE HELMINTOS PARASITANDO <i>Gonatodes humeralis</i> (Guichenot, 1855) EM DUAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL</b> .....	23
<b>4. INTRODUÇÃO</b> .....	24
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
5.1 Coleta dos hospedeiros .....	25
5.2 Coleta e processamento dos metazoários parasitos.....	26
<b>6. RESULTADOS</b> .....	29
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>CAPÍTULO II: ESTUDO ECOLÓGICO SOBRE AS COMUNIDADES PARASITÁRIAS DO LAGARTO <i>Gonatodes humeralis</i> (Guichenot, 1855) EM DUAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO - BRASIL</b> .....	38
<b>8. INTRODUÇÃO</b> .....	39
<b>9. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	41
9.1 Coleta e processamento dos hospedeiros, parasitos e caracterização das áreas de estudo .....	41
9.2 Análises ecológicas e estatísticas.....	44
<b>10. RESULTADOS</b> .....	47

<b>11. DISCUSSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>12. CONCLUSÕES</b> .....	<b>58</b>
<b>12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>

## 1. Introdução

Os répteis compõem um grupo de animais vertebrados que ocupam diversa gama de habitats, apresentando dietas e comportamentos muito variados (Aho, 1990). De acordo com Aho (1990), a abundância de parasitos nestes animais varia de acordo com o tipo de habitat, características comportamentais e morfofisiológicas, sendo que os répteis representam modelos ideias para estudos em ecologia parasitária. O Brasil abriga a terceira maior biodiversidade de répteis no mundo, com mais de 750 espécies de escamados (Reptilia: Squamata). As diversas espécies descritas estão distribuídas em todo o território nacional, sendo a região Norte a mais rica em espécies e subespécies de répteis e, a região Nordeste, a segunda mais rica (Costa e Bernils, 2018).

Nos últimos anos, os estudos parasitológicos envolvendo helmintos que infectam répteis escamados (sobretudo os lagartos) no Brasil têm crescido expressivamente (Ávila e Silva, 2010; Araújo-filho et al. 2017; 2020). Apesar deste aumento, a diversidade e riqueza de espécies de helmintos que parasitam lagartos, bem como os fatores que estruturam estas comunidades parasitárias, ainda são pouco conhecidos e explorados no país, dado o alto potencial de biodiversidade tanto de parasitos, quanto de hospedeiros (veja Lacerda et al. 2023).

Os parasitos são importantes componentes dos ecossistemas que, não apenas desempenham papéis fundamentais nas dinâmicas populacionais e nas estruturas de comunidades de hospedeiros, como também podem fornecer informações relevantes sobre o estresse ambiental, estrutura e função da cadeia alimentar e biodiversidade (Marcogliese, 2003, 2004). Ignorar a conservação da biodiversidade de parasitos significa negligenciar uma relação biológica essencial, uma vez que a ocorrência de infecções por esses organismos é fundamental na estrutura ecológica e evolutiva da diversidade biológica, e na organização dos ecossistemas (Marcogliese, 2004; Gómez e Nichols, 2013). Em muitos exemplos, a diversidade de parasitos em um determinado hospedeiro reflete a presença de diversos hospedeiros intermediários e definitivos participando do ciclo de vida de tais espécies de parasitos em um dado ecossistema (Marcogliese, 2004). A

especialização de um parasito em relação a um único táxon hospedeiro pode ser descrita como um processo de duas etapas: primeiro o parasito deve passar por um 'filtro de encontro' para atingir o hospedeiro potencial e, em segundo lugar, ele deve passar por um 'filtro de compatibilidade' com esse hospedeiro (Combes, 2001; Budria e Candolin 2013).

Diferentes características do hospedeiro foram previamente descritas como determinantes da estrutura da fauna parasitária, como a dieta, o sexo, a densidade e a taxa de crescimento da população hospedeira, o tamanho corporal, e a distribuição geográfica (Aho, 1990; Pereira et al. 2012, 2013; Alcantara et al. 2018). A ontogenia do hospedeiro pode também influenciar a aquisição de espécies de parasitos (Aho, 1990; Pereira et al. 2013). Espécies que vivem por mais tempo no ambiente são expostas por um intervalo maior de tempo e podem acumular uma variedade maior de espécies de parasitos (Aho, 1990; Bell e Burt, 1991; Pereira et al. 2013). Um dos principais determinantes da taxa de transmissão de uma espécie parasitária é a disponibilidade de hospedeiros suscetíveis, pois deve haver uma densidade mínima para que ocorram transmissões suficientes que possam manter a população do parasito (Budria e Candolin, 2013).

Os animais adquirem parasitos a partir do contato com o meio em que vivem, incluindo através da contaminação fecal das fontes de água e alimentos, da exposição a vetores e do consumo de hospedeiros paratênicos, e intermediários. Um hospedeiro que habita uma área geográfica maior tende a entrar em contato com mais parasitos, levando ao aumento da riqueza de espécies de endoparasitos (Lindenfors et al. 2007).

### **1.1 Ecologia parasitária e fatores ambientais**

Muitos autores afirmam haver uma relação entre os parasitos e a poluição ambiental, sendo estes organismos potenciais indicadores de estresse ambiental (Lafferty e Kuris, 1999; MacKenzie, 1999; Poulin, 1999; Sures, 2004; Shea et al. 2012). Em áreas com grande atividade antrópica, o crescente domínio de algumas espécies hospedeiras mais adaptadas e as condições que favorecem a sua infecção

por determinadas espécies de parasitos, pode causar o declínio de táxons de parasitos mais raros e específicos (Bradley e Altizer, 2006).

Atividades antrópicas que reduzem drasticamente a densidade de populações hospedeiras têm o potencial de reduzir também a probabilidade de encontro entre parasitos e hospedeiros e, conseqüentemente, a taxa de transmissão e abundância dos parasitos (Arneberg et al. 1998; Morand e Paulin, 1998; Dunn et al. 2009; Budria e Candolin, 2013). Gómez e Nichols (2013) explicam que, com o declínio de algumas populações de hospedeiros, os parasitos enfrentam um risco de coextinção com estas espécies, pois eles requerem um tamanho mínimo de população hospedeira para a sua transmissão. Isto significa que atividades humanas que alteram a densidade dos hospedeiros podem, conseqüentemente, ter um efeito importante na taxa de encontro entre parasito e hospedeiro e, portanto, na transmissão do parasito (Budria e Candolin, 2013).

## **1.2 *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855)**

*Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) é um pequeno lagarto, abundantemente distribuído ao longo de diferentes países da América Latina (Uetz e Hošek, 2022). Este habita diversos tipos de biomas em regiões úmidas, como matas de galerias, igapó, várzea, terra firme e manchas de floresta em áreas de savana, sendo mais comum na parte inferior (até dois metros de altura) de troncos de árvores ou na base de palmeiras, às vezes também em troncos caídos ou folhas, e ocasionalmente no solo (Ávila-Pires, 1995).

Os machos desta espécie possuem coloração mais vistosa do que as fêmeas e apresentam manchas vermelhas e amarelas na cabeça e na região anterior do tronco (Figura 1B), enquanto as fêmeas são predominantemente cinzentas ou marrons, com manchas marrons escuras (Figura 1A) (Ávila-Pires, 1995). *Gonatodes humeralis* é uma espécie de réptil ativa durante o dia, com menor atividade durante a madrugada e à noite. Apresenta um complexo repertório de padrões comportamentais de cortejo, forrageamento, fuga de predadores e territorial. Um exemplo destes comportamentos é o movimento da cauda de machos e fêmeas na

presença de possíveis predadores, realizando o levantamento, ondulação ou abanamento da cauda (Oliveira Pinto et al. 2023).

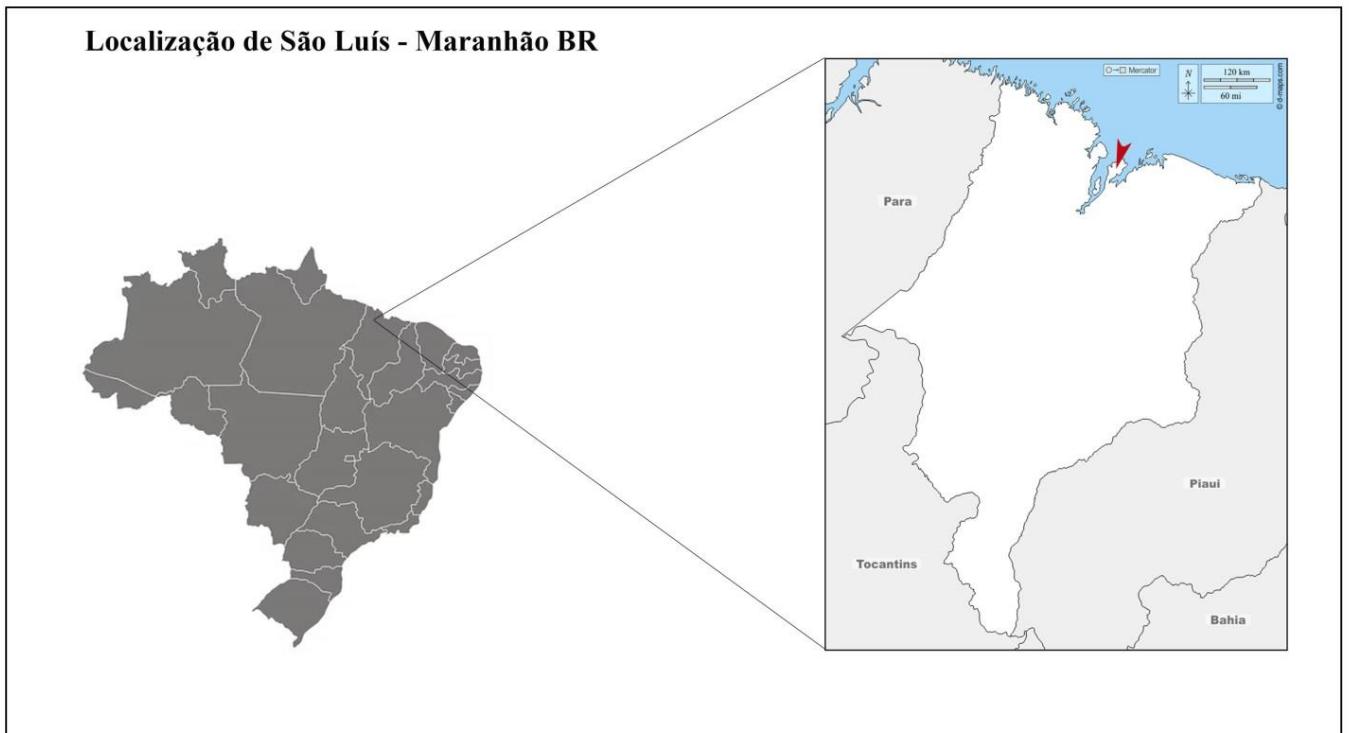


**Figura 1:** À esquerda, uma fêmea da espécie de lagarto *G. humeralis* (Guichenot, 1855) coletada em campo (A); à direita, um macho da mesma espécie (B).

Apesar dos aspectos comportamentais, ecológicos e filogenéticos do lagarto *G. humeralis* serem bem conhecidos (Miranda et al. 2010; Oliveira Pinto et al. 2023), estudos aprofundados sobre a composição de sua comunidade parasitária são inexistentes no Brasil, sendo os estudos relacionados restritos a amostragens pequenas em que apenas quatro espécies de nematoides e uma espécie de digenético são conhecidas parasitando este hospedeiro (Ávila e Silva, 2010; Goldberg et al. 2013).

### 1.3 Área de estudo

A coleta dos lagartos hospedeiros amostrados no presente estudo foi realizada no município de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. O estado possui cerca de 19% do seu território protegido por Unidades de Conservação criadas por todas as três esferas de governo: federal, estadual e municipal e que objetivam a proteção de vários biomas e fitofisionomias, sobretudo as áreas de características amazônicas (Spinelli-Araujo et al., 2016; Azevedo et al., 2020).



**Figura 2:** Localização da cidade de São Luís, no estado do Maranhão, Brasil. Local onde foram realizadas as coletas dos hospedeiros desse estudo.

A Lei Nº 9.985/2000 institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e divide as Unidades de Conservação em dois grupos, com características específicas. O primeiro grupo é composto pelas Unidades de Proteção Integral que tem a função de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Já o segundo grupo é composto pelas Unidades de Uso Sustentável, cujo objetivo básico é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Neste grupo estão inclusas as Áreas de Proteção Ambiental (APA).

O estudo foi realizado em duas áreas de preservação ambiental localizadas no município de São Luís. A primeira área foi o Parque Estadual (P.E.) do Bacanga, o qual possui uma extensão de aproximadamente 3100 hectares que, desde sua criação, tem como objetivos a conservação e preservação do manancial subterrâneo e dos corpos hídricos superficiais (LEI Nº 11.343, DE 29 DE SETEMBRO DE 2020). Muitos fatores têm tornado a preservação do parque um desafio aos seus gestores

(Santos et al. 2018). Dentre esses fatores está a existência de núcleos populacionais no interior do parque, que utilizam a terra de qualquer modo, realizando queimadas, desmate e algumas atividades de agricultura. O grau de vulnerabilidade do P.E. do Bacanga é elevado. Contribui para isto a sua localização urbana e o não estabelecimento, no momento de sua criação, de uma zona de amortecimento, além da falta de planos de manejo funcionais, de informação biológica e socioeconômica sistematizadas, e de recursos financeiros suficientes (Santos et al. 2018).

A segunda área de coleta escolhida para esse estudo foi a Área de Proteção Ambiental (APA) do Itapiracó. Essa APA possui uma área total de 322 hectares, ocupando a capital maranhense e o município vizinho, São José de Ribamar. Foi criada com os objetivos de proteger as nascentes, preservar a biodiversidade remanescente do domínio amazônico e garantir o uso sustentável dos recursos naturais, através da educação ambiental e turismo ecológico, fazendo parte da Amazônia Legal (da Silva e Fraga, 2019). Possui, diariamente, um grande número de visitantes, pois conta com 16 praças, pista de skate e calçadão para caminhada.

## **2. Justificativa**

A abordagem da parasitologia em escala populacional ou ecossistêmica pode ser aplicada não apenas no controle de doenças, mas também na gestão adequada e conservação de recursos naturais (Marcogliese, 2004). Em termos de conservação, a introdução ou eliminação de um parasito pode causar impactos nas interações entre uma variedade de espécies dentro de uma comunidade (Dobson e Hudson, 1986; Kennedy et al. 2001; Marcogliese, 2004). No entanto, os parasitos são frequentemente negligenciados quando se planeja o manejo e a conservação dos recursos biológicos e dos ecossistemas.

É claramente reconhecido que o Brasil é um país megadiverso (Pacheco et al. 2021), porém essa extensa e importante biodiversidade é ainda proporcionalmente muito pouco conhecida, sobretudo quando se trata de parasitos de animais silvestres. É amplamente assumido que os parasitos representam peça fundamental para o funcionamento dos ecossistemas podendo, por exemplo, indicar interações

ecológicas e características da qualidade ambiental (Marcogliese, 2003, 2004, 2005). No cenário global atual, as pesquisas em parasitologia têm se tornado cada vez mais relevantes no âmbito do entendimento de como as mudanças climáticas e ambientais têm afetado a diversidade biológica do planeta, evidenciando uma necessidade urgente de compreender como os parasitos responderão a tais mudanças (Carlson et al. 2020).

Os parasitos podem estar sujeitos a influências de características de seus hospedeiros, bem como influenciar dinâmicas populacionais desses últimos (Poulin, 1999; Marcogliese, 2005) e sofrerem efeitos do ambiente em que estão inseridos (Lass e Ebert, 2006; Shearer e Ezenwa, 2020). Para que essas dinâmicas sejam compreendidas de maneira adequada é fundamental que as estruturas das comunidades de parasitos e suas relações com seus hospedeiros e ambientes sejam estudadas a fundo.

Dada a escassez de dados parasitológicos em relação ao lagarto *G. humeralis* como hospedeiro, a inexistência de análise aprofundada entre suas características e sua comunidade de parasitos e a importância ecológica tanto desse hospedeiro, quanto de seus parasitos, como parte integrante da biodiversidade ecossistêmica e do bioma amazônico, o presente estudo se justifica por apresentar dados taxonômicos e ecológicos que podem ser importantes para trabalhos de conservação futuros, revelando pela primeira vez a estrutura da comunidade de parasitos nesse hospedeiro e suas relações com ambiente.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar de forma comparativa, a estrutura da comunidade de metazoários parasitos do lagarto *G. humeralis*, em duas áreas de preservação ambiental, com diferentes intensidades de atividades antrópicas, no estado do Maranhão, Brasil.

### 3.2 Objetivos Específicos

- 1) Identificar os táxons de parasitos coletados em *G. humeralis* até o menor nível taxonômico possível;
- 2) Avaliar a estrutura das comunidades componentes de parasitos através da estimativa de descritores ecológicos populacionais (prevalência, agregação parasitária, abundância e abundância média) e comunitários (*status* comunitário, dominância, diversidade e riqueza);
- 3) Avaliar possíveis influências de características do hospedeiro (sexo, comprimento total e peso corporal) na estrutura da comunidade de parasitos;
- 4) Comparar a composição das comunidades de metazoários parasitos do lagarto *G. humeralis*, em duas áreas com diferentes graus de preservação ambiental, através de análises de similaridade, avaliando se existem diferenças estatísticas significativas entre elas.

## **CAPÍTULO I**

**TÁXONS E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE HELMINTOS PARASITANDO  
*Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) EM DUAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO  
AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL**

#### 4. INTRODUÇÃO

Os lagartos são conhecidos por albergar grande diversidade de parasitos como nematoides (Pereira et al. 2012; Araújo-Filho et al. 2017; Teixeira et al. 2017), cestoides (Brito et al. 2014; Araújo-Filho et al. 2017), trematódeos (Araújo-Filho et al. 2020; Teixeira et al. 2021) e pentastomídeos (Almeida et al. 2008; Araújo-Filho 2017). Em uma lista de espécies de parasitos em répteis do Brasil realizada por Lacerda e colaboradores (2023), os nematoides foram os helmintos mais frequentes, sendo os gêneros *Parapharyngodon* e *Physaloptera* mais comuns. Espécies do gênero *Physaloptera* são parasitos comuns no estômago de mamíferos, répteis, anfíbios e aves (Kalyanasundaram et al. 2018). Lacerda e colaboradores (2023) levantaram que a espécie *P. retusa* (Rudolphi, 1819) é a mais relatada, infectando 17 espécies de répteis pertencentes a dois grupos distintos, quelônios e lagartos.

Levantamentos e descrições da fauna parasitária de organismos vertebrados contribuem para estimativas da diversidade real e da distribuição desses organismos pelo globo, podendo auxiliar na compreensão da história evolutiva dos táxons (González et al. 2021; Lacerda et al. 2023). Marcgrave, no ano de 1648, relatou o encontro de pequenos nematoides no intestino de iguanas, sendo esta a primeira referência sobre nematoides parasitos em répteis encontrados no Brasil (Vicente et al. 1993). Em 1819, Rudolphi descreveu as duas primeiras espécies de Digenea da América do Sul, coletadas no Brasil por Natterer chamadas *Mesocoelium monas* (Rudolphi, 1819) parasitando o anfíbio *Siphonops annulatus* (Mikan, 1820), e *Rhytidodes gelatinosus* (Rudolphi, 1819) parasitando os quelônios *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) e *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Lima e Kohn, 2014).

Importantes levantamentos sobre a fauna parasitária de répteis têm sido realizados no Brasil e na América do Sul (Vicente et al. 1993; Ávila & Silva, 2010; Lacerda et al. 2023). No entanto, a descoberta de novas espécies de parasitos, a análise de informações sobre os seus pontos de ocorrência e das associações parasito-hospedeiro são um processo contínuo e indispensável.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Coleta dos hospedeiros

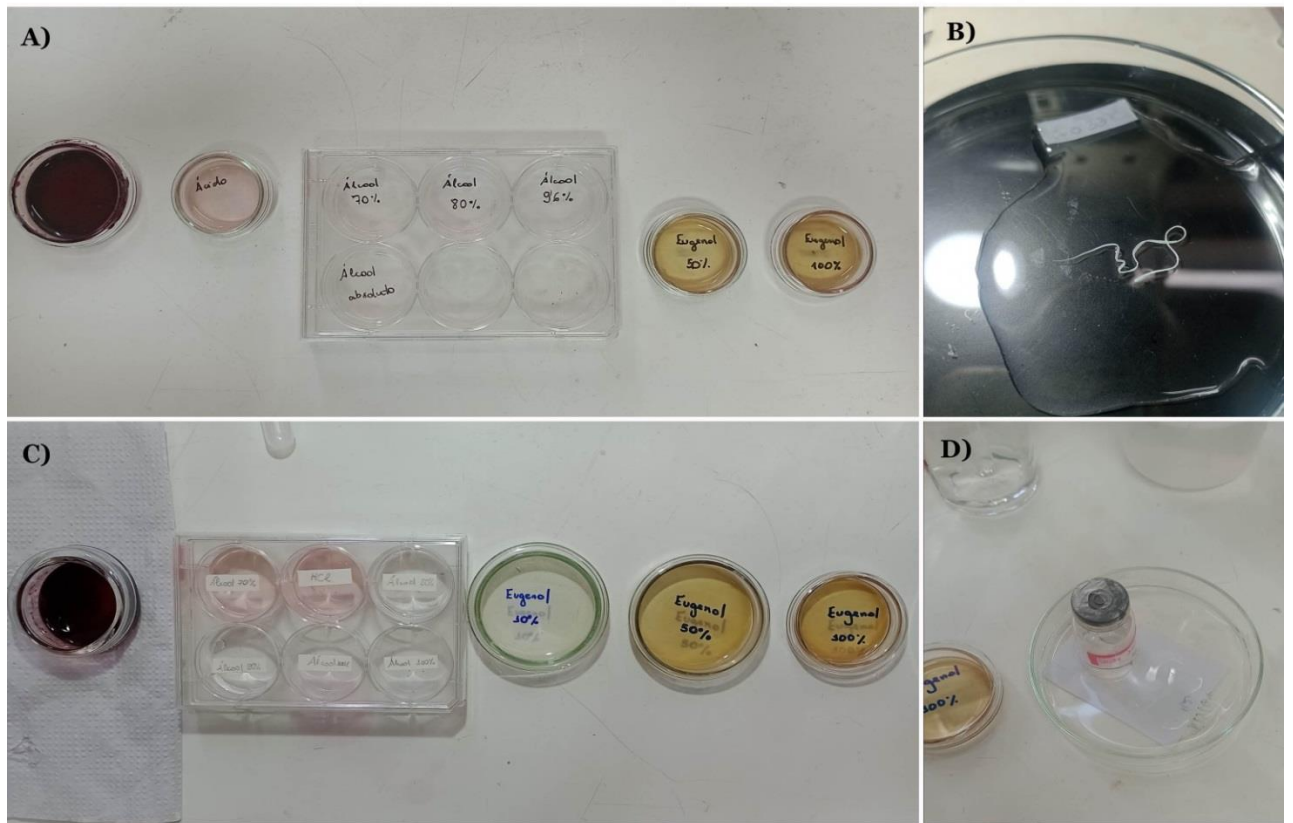
A coleta dos hospedeiros foi realizada na cidade de São Luís, onde o clima é do tipo tropical da zona equatorial sendo, portanto, quente e semiúmido, com quatro a cinco meses secos. A temperatura média anual é de 26°C e a umidade relativa média oscila entre 70% e 80% (Ahid et al. 1999). Os hospedeiros foram capturados manualmente por busca ativa, entre 07:00h e 17:00h, durante os meses de outubro e novembro de 2023. Foram capturados 132 indivíduos no total, sendo 85 na APA do Itapiracó e 47 no P.E. do Bacanga. As coletas foram aprovadas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO 87347-1) e o acesso ao patrimônio genético encontra-se devidamente registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen AFEBD82).

Os hospedeiros foram transportados ao Laboratório de Organismos Aquáticos da Universidade Federal do Maranhão, onde foi realizada a eutanásia dos mesmos com dose letal de tiopental sódico intraperitoneal (150 mg/Kg). Em seguida, foi medido o comprimento rostro cloacal (CRC), com auxílio de paquímetro e os animais foram pesados em balança digital e identificados de acordo com o sexo segundo Ávila-Pires (1995). Em sequência, realizou-se a necropsia, sendo pulmões, fígado, rins, esôfago, estômago, intestino delgado e grosso individualizados em placas de Petri contendo solução fisiológica (0,9%) e analisados com auxílio de microscópio estereoscópio. Da mesma forma, foram analisadas a cavidade corporal e a musculatura dos membros locomotores destes hospedeiros. Os lagartos foram identificados por herpetólogo colaborador deste projeto (biólogo Alessandro Costa Menks), e a nomenclatura e classificação atualizadas segundo Uetz et al. (2023).

## 5.2 Coleta e processamento dos metazoários parasitos

Após a necropsia dos hospedeiros e a separação dos seus órgãos em placas de petri individualizadas, foi realizada a dissecação de cada órgão e a avaliação da presença ou ausência de endoparasitos. Durante esta análise, a localização ou o órgão onde cada infrapopulação de helmintos foi encontrada, bem como os dados sobre o fixador utilizado foram anotados em um formulário. Os nematoides e os cestoides encontrados foram fixados em álcool absoluto para análises genéticas, que serão realizadas posteriormente, e em solução de formol 4% para análises morfológicas. Essa solução de formol era aquecida e despejada na placa de petri quando estes organismos eram encontrados vivos. A fixação dos nematoides vivos deve ser feita com fixador aquecido a pelo menos 65°C, pois o calor permite ao fixador agir com rapidez, impedindo que o helminto se contraia, já que os nematoides possuem apenas musculatura longitudinal (Amato e Amato, 2010). Uma ação semelhante ocorre com os cestoides vivos fixados nesta solução quente. Após a fixação, estes parasitos foram mantidos formol 4% por sete dias e, após esse período, transferidos para um microtubo contendo etanol 70%. Os digenéticos encontrados foram fixados em etanol 80% para análises morfológicas e em etanol absoluto para análises genéticas posteriores.

Após a fixação dos parasitos, foi realizada a montagem de lâminas para estudo morfológico. Os digenéticos e cestoides foram corados e montados em lâminas permanentes com Bálsamo do Canadá (Amato e Amato, 2010). Para a coloração dos digenéticos, foi realizada imersão dos parasitos em corante carmim clorídrico por 5 minutos. Posteriormente, foi realizada a retirada do excesso de corante com solução de etanol absoluto e 2% de ácido clorídrico. Após a retirada deste excesso, eles foram submetidos à desidratação em série alcoólica crescente (etanol em crescente concentração, 70%; 80%; 96% e 100%) (Figura 3A), sendo observado o processo em microscópio estereoscópico. Após a desidratação, os digenéticos foram transferidos para placas de petri contendo eugenol em concentração de 50% e 100 %, diluídos em etanol absoluto, por 10 minutos e 30 minutos respectivamente. Após esse processo, eles foram dispostos na lâmina contendo Bálsamo do Canadá.



**Figura 3:** Procedimentos para coloração de digenéticos e cestoides. Sequência de procedimentos para coloração de digenéticos (a); parasito cestóide, pré-coloração, em uma placa de petri (b); Sequência de procedimentos utilizados para corar cestóides (c); técnica utilizada para prensar o cestóide corado (d)

Uma sequência semelhante de procedimentos foi realizada para colorações dos cestóides. Seguindo a metodologia de Chervy (2024), esses parasitos foram imersos em carmim clorídrico durante 20 minutos e, em seguida, foi retirado o excesso desse corante por meio de uma lavagem em etanol 70%. Em sequência, eles foram transferidos para solução de ácido clorídrico a 2% e foram mantidos até que se verificasse o parênquima desses parasitos em cor rosada. Após essa etapa, seguiu-se com a desidratação em série alcoólica crescente (etanol em crescente concentração, 80%; 90% e 100%) sendo mantido por 15 minutos nas duas primeiras concentrações, e 30 minutos na última (Figura 3C). Os parasitos foram então colocados em um pedaço de papel rígido embebido em etanol 90%, dentro de uma placa de Petri, e prensados com uma lâmina de microscopia sob um frasco de vidro, que permitiu a compressão da lâmina sutilmente sobre o parasito (Figura 3D). Eles foram mantidos dessa forma por 1 hora e foi adicionado álcool sempre que se verificava a sua evaporação durante o período. Esta etapa é importante para que as

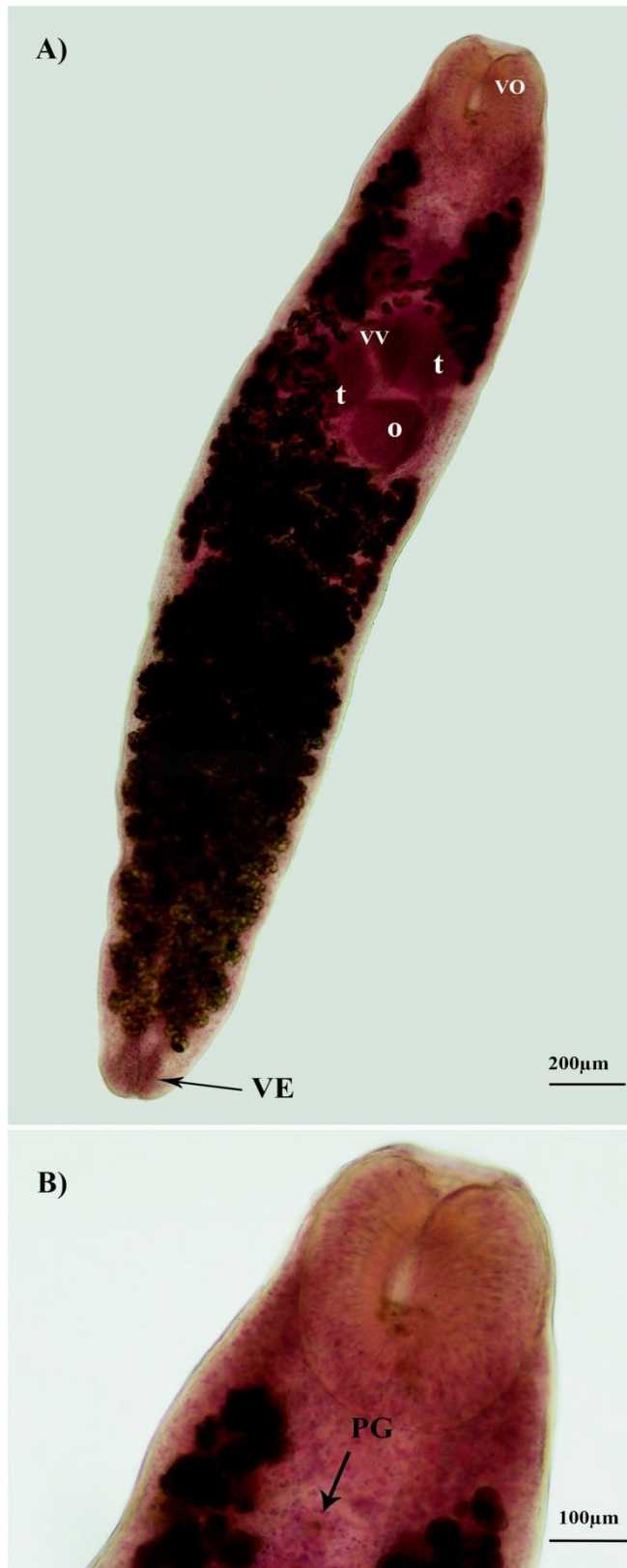
estruturas internas do parasito sejam bem evidenciadas posteriormente ao microscópio óptico (Chervy, 2024). Os cestoides foram, então, submetidos a uma sequência de soluções de eugenol e etanol absoluto em concentração crescente (10%, 50% e 100%), por 10 minutos nas primeiras concentrações e 30 minutos na última concentração. Por fim, foram montadas lâminas permanentes desses parasitos com Bálsamo do Canadá.

Os nematoides encontrados foram clarificados utilizando soluções de glicerina em concentrações crescentes. Primeiramente, os nematoides foram dispostos em uma lâmina contendo uma gota de glicerina na proporção 20:1 (20 partes de água para uma parte de glicerina) e cobertos com uma lamínula. Em seguida, as lâminas foram colocadas sob uma placa de aquecimento morna ( $\approx 56^{\circ}\text{C}$ ) e soluções de glicerina nas proporções 10:1, 5:1 e 2:2 respectivamente, foram adicionadas às lâminas em intervalos de mais ou menos 15 minutos. Após esse processo, foi verificado ao microscópio óptico se houve clarificação do corpo dos parasitos. Nas lâminas onde não se observava com exatidão as estruturas internas do parasito, o processo de clarificação com soluções de glicerina foi realizado novamente.

Após a montagem das lâminas os parasitos foram observados em microscópio óptico Nikon Eclipse Ei, com câmera Intervision 12 acoplada, e software PrimeCam para captura de imagens. A identificação morfológica dos nematoides seguiu Chabaud (1973), Chabaud et al. (1988) e Anderson et al. (2009). A identificação morfológica dos digenéticos seguiu Gibson et al. (2002), Jones et al. (2005) e Dronen et al. (2012). A identificação morfológica dos cestódeos seguiu Khalil et al. (1994). Também foi realizada pesquisa bibliográfica de publicações taxonômicas relativas a helmintos parasitos de lagartos da família Sphaerodactylidae, para auxiliar as identificações taxonômicas. Após o estudo taxonômico completo de todos os táxons de parasitos, estes serão depositados na Coleção Helminológica do Instituto Oswaldo Cruz.

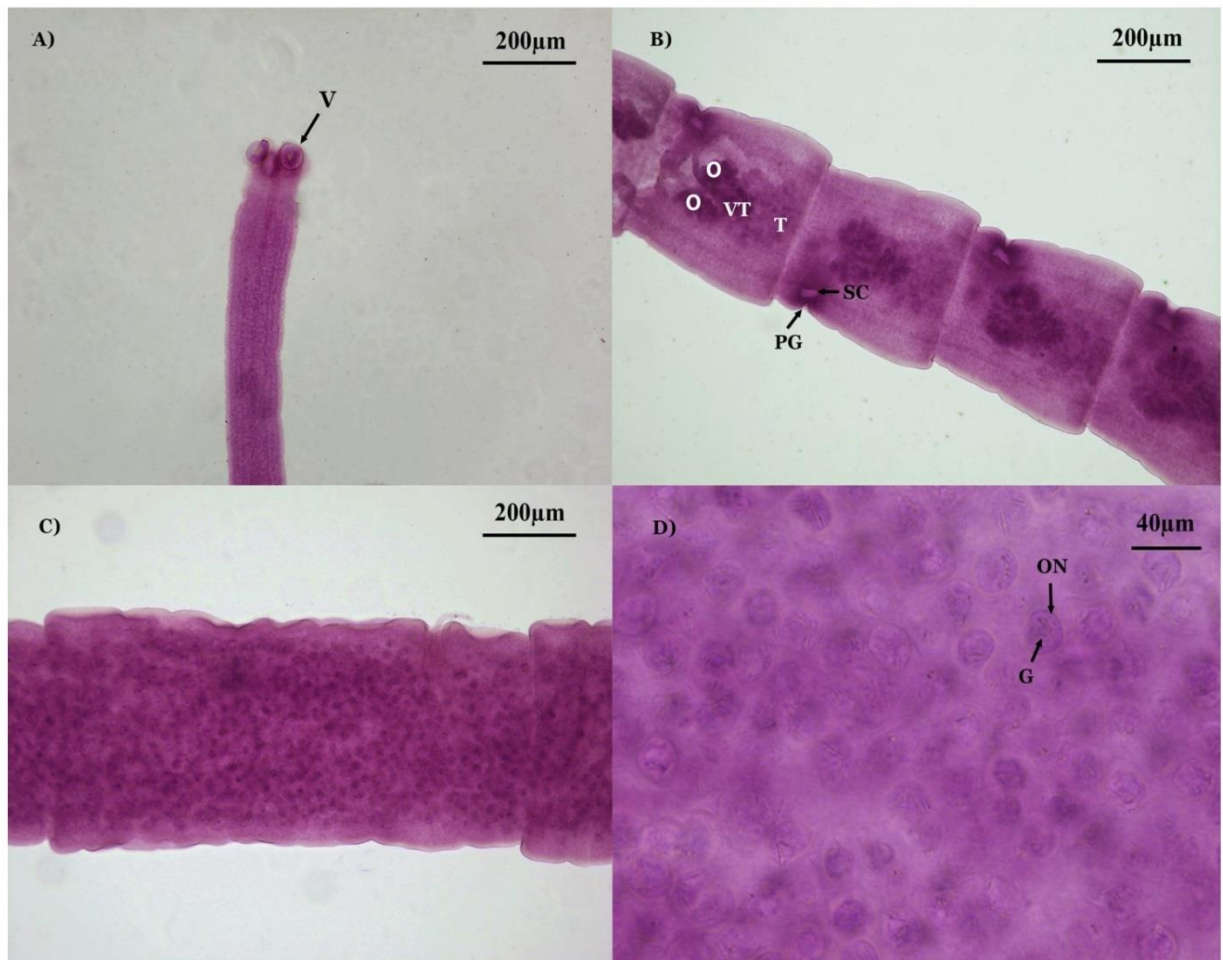
## 6. RESULTADOS

As análises dos digenéticos coletados parasitando os lagartos revelou que estes pertencem ao gênero *Mesocoelium* (Odhner, 1901), o qual está incluso na família Mesocoelidae (Dollfus, 1929). Mesocoelidae é composta por platelmintos relativamente pequenos, alongados a ovais ou elípticos, apresentando tegumento espinhoso. Segundo Dronen et al. (2012) a ventosa oral é subterminal; a boca se abre ventralmente, a faringe é muscular e a pré-faringe é curta, o esôfago está presente e a bifurcação intestinal é imediatamente pré-acetabular, o ceco intestinal é curto e a ventosa ventral está situada anteriormente ao nível médio do corpo. Os testículos são duplos, situados lado a lado, intercecais, geralmente no nível da ventosa ventral e ocasionalmente pós-acetabular. Apresentam o saco do cirro bem desenvolvido, envolvendo a vesícula seminal, que pode se sobrepor à margem anterior da ventosa ventral. O poro genital é pré-acetabular. O ovário é pós-testicular e o receptáculo seminal posterior ao ovário. O Canal de Laurer é presente. O útero possui partes descendentes e ascendentes altamente dobradas, preenchendo a maior parte do espaço pós-ovariano. A vitelária é folicular, em faixas ao longo do ceco. A vesícula excretora é em forma de Y e poro excretor é terminal ou ligeiramente subterminal. Todas essas características foram observadas nos espécimes encontrados (Figura 4A, B), justificando sua identificação genérica.



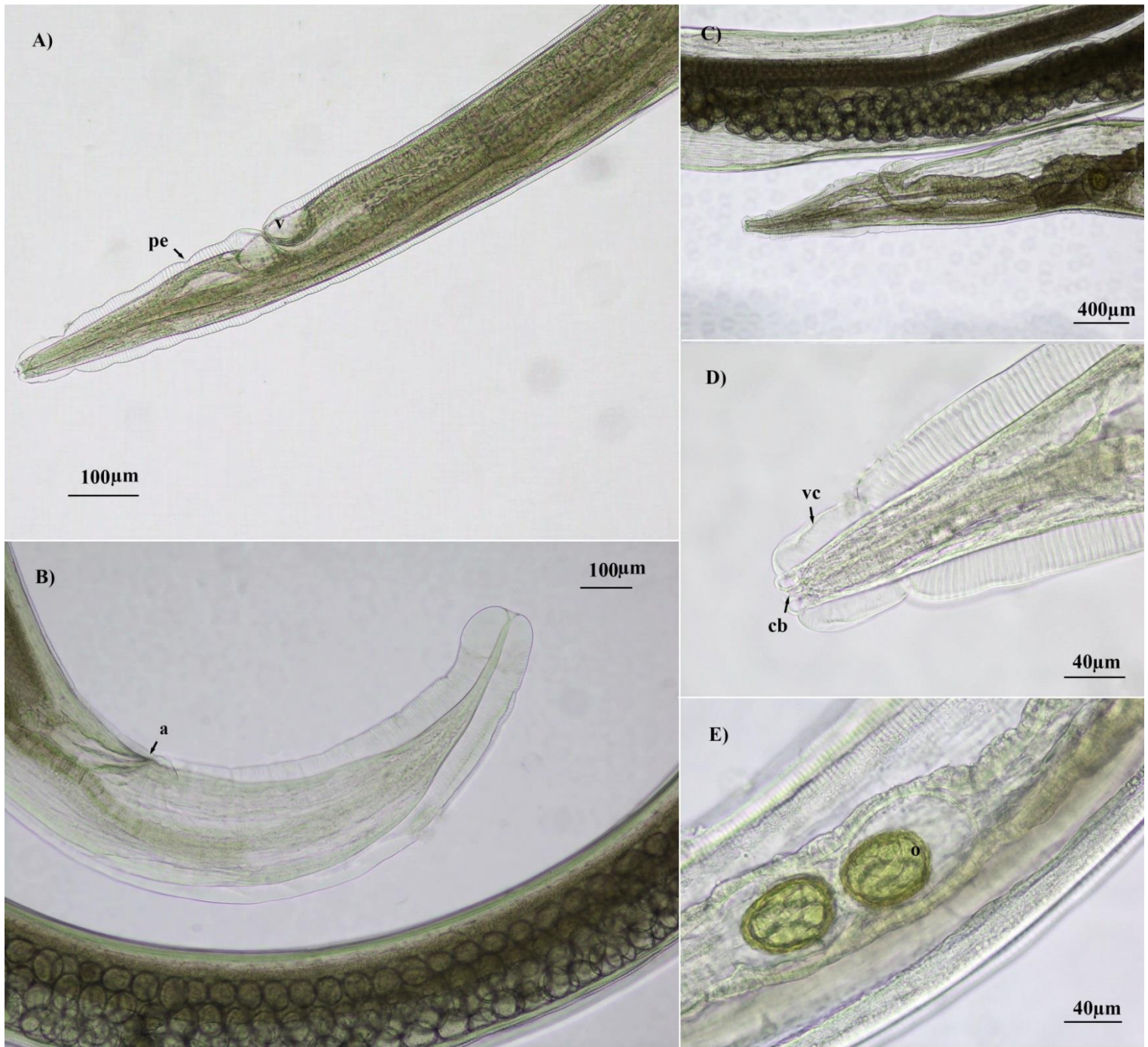
**Figura 4:** *Mesocoelium* sp. parasito do lagarto *Gonatodes humeralis*, coletado no município de São Luis, Maranhão, Brazil. (a) - Visão geral do parasito, vista ventral. VO: ventosa oral; VV: ventosa ventral; t: testículo; o: ovário; VE: vesícula excretora. (b) – visão da parte anterior do parasito, vista ventral. PG: poro genital.

Os cestoides encontrados foram identificados como pertencentes à ordem Cyclophyllidea (van Beneden, 1900), família Linstowiidae Fuhrmann, 1907 e gênero *Oochoristica* (Lühe, 1898). A identificação genérica desses cestódeos como *Oochoristica*, foi a partir do reconhecimento das seguintes características morfológicas típicas do gênero: escólex com quatro ventosas (Figura 5A). Estróbilo relativamente curto. Proglótides acraspedotas, mais longas que largas. Genitália única, com os poros genitais alternando-se irregularmente (Figura 5B). Vesículas seminais internas e externas ausentes. Testículos posteriores à vitelária e ovário central (Figura 5B). Vagina posterior ao saco do cirro e útero efêmero.



**Figura 5:** *Oochoristica* sp. parasito do lagarto *Gonatodes humeralis*, coletado no município de São Luis, Maranhão, Brasil. (A) – Região anterior mostrando o escólex. V: ventosa. (B) – Proglótides maduras. O: ovário; VT: vitelária; T: testículos; SC: saco do cirro; PG: poro genital. (C) – Proglótide grávida. (D) – Ovos do parasito. ON: oncosfera; G: ganchos.

Os nematoides coletados foram identificados como pertencentes à família Seuratidae (Hall, 1916) e ao gênero *Skrjabinelazia* (Syplivox, 1930). Uma espécie pertencente a esse gênero, *Skrjabinelazia galliardi* (Chabaud, 1973), tem sido relatada infectando *G. humeralis* na América do Sul (Chabaud, 1973; Ávila & Silva, 2010; Goldberg et al. 2013). Após a análise de todos os nematoides encontrados nos hospedeiros das duas áreas de estudo (P.E. Bacanga e APA do Itapiracó), foi possível concluir que todos os espécimes eram fêmeas, reforçando a hipótese de que a coleta de machos é menos frequente (veja a discussão para maiores detalhes). Portanto, nenhum macho foi analisado. As fêmeas de tamanho médio, quando visualizadas ao microscópio estereoscópio apresentavam parte do seu corpo com coloração vermelho brilhante. Segundo Chabaud (1973), essa característica se deve a coloração dos ovos maduros no interior do corpo dessas fêmeas. Os ovos, embrionados, apresentaram formato arredondado, com casca espessa, coberta por visíveis tubérculos (Figura 6E). Foi verificada a presença de uma vesícula cefálica altamente conspícua (Figura 6D), que se apresenta como um prolongamento lateral da cutícula na parte anterior do corpo; além de uma cápsula bucal curta (Figura 6D), com a altura medindo entre 10 a 18  $\mu\text{m}$  nos 10 espécimes mensurados (Tabela 1). O esôfago se apresentou cilíndrico e o anel nervoso localizado em seu terço anterior. Com base nessas características morfológicas, adicionalmente ao formato da cauda, posição relativa da vulva (pré-equatorial) e morfometria geral (Tabela 1), bem como no hospedeiro analisado, os nematoides encontrados foram classificados com *S. galliardi* (veja Chabaud, 1973 para informações adicionais).



**Figura 6:** Fêmeas de *Skrjabinelazia galliardii* parasito do lagarto *Gonatodes Humeralis*, coletado no município de São Luiz, Mranhão, Brasil. (A) - Região anterior, vista ventral. pe: poro excretor; v: vulva. (B) – Região posterior, vista lateral. a: ânus. (C) – Região anterior e média, evidenciando ovos no útero. (D) – Região cefálica, vista lateral, evidenciando a vesícula cefálica (vc) e a cápsula bucal (cb). (E) – ovos no interior do útero (o).

**Tabela 1:** Morfometria de fêmeas de *S. galliardi* coletadas no presente estudo e morfometria das fêmeas analisadas por Chabaud (1973).

Característica morfológica	<i>Skrjabinelazia galliardi</i> n=10	<i>Skrjabinelazia galliardi</i>
	(Medidas em $\mu\text{m}$ )	Chabaud (1973) (Medidas em $\mu\text{m}$ )
Comprimento total	19482.4 (16576.4 – 28427.6)	16000
Largura máxima	400.3 (310.4 – 466.9)	340
Altura da cápsula bucal	14.7 (10.2 – 18.9)	-----
Largura da cápsula bucal	9.0 (5.0 – 10.7)	-----
Comprimento da vesícula cefálica	94.6 (77.1 – 117.6)	65
Largura da vesícula cefálica	69.4 (54.5 – 80.6)	-----
Poros excretor até o final anterior	335 (265.3 – 487.5)	220
Anel nervoso até o final anterior	233.2 (172.5 – 293.8)	220
Comprimento do esôfago	915.4 (762.6 – 1308.0)	1000
Largura máxima do esôfago	28.2 (21.3 – 46.9)	-----
Vulva até o final anterior	467.8 (366.3 – 558.1)	300
Comprimento da cauda	1114.2 (884.2 – 1408.5)	570
Comprimento do ovo	81.8 (67.8 – 93.3)	95
Largura do ovo	63.4 (54.1 – 69.3)	75
Deiridio até o final anterior	110.9 (85.8 – 145.0)	-----

## 7. DISCUSSÃO

Atualmente, apenas os nematoides *Cosmocerca parva* Travassos, 1925, *P. retusa* e *Parapharyngodon sceleratus* (Travassos, 1923) foram registrados como parasitos de *G. humeralis* no Brasil (Chabaud, 1973; Vicente et al. 1993; Ávila e

Silva, 2010, 2011; Goldberg et al. 2013). Adicionalmente, o nematoide *Physaloptera obtusissima* Molin, 1860 e o digenético *M. monas* foram registrados neste hospedeiro, na Guiana e Peru, respectivamente (Goldberg e Bursey, 2010; McAllister et al. 2010). Todavia, com excessão do trabalho de Chabaud (1973) todos os outros registros são oriundos de listas de espécies ou análises que não são focadas em taxonomia. Além disso, muitos não apresentam espécimes voucher depositados em coleções biológicas dificultando o acesso a uma identificação acurada ou revisão desta identificação. Tais fatos representam empecilhos para o melhor entendimento da fauna parasitária real que ocorrem em *G. humeralis*. Por exemplo, *C. parva* registada neste hospedeiro no Brazil (Goldberg et al. 2013) é um parasito exclusivamente de anfíbios, não de répteis. Por isso, uma identificação taxonômica acurada é fundamental, fato que justifica os dados apresentados neste capítulo.

Este é o primeiro registro de um cestóide parasitando *G. humeralis*. O gênero *Oochoristica* identificado no presente trabalho é amplamente encontrado em lagartos como hospedeiros distribuídos em todo o mundo, e inclui cerca de 100 espécies (McAllister & Bursey, 2017; Mariaux & Beveridge, 2019). Até o momento, a identificação específica não foi possível, pois a literatura taxonomica relativa à *Oochoristica* é muito fragmentada e problemática. Um bom exemplo desta situação é o fato de que alguns autores consideram a família Linstowiidae, táxon ao qual *Oochoristica* pertence, como válida (McAllister et al. 2017) enquanto outros consideram esta como uma subfamília de Anoplocephalidae (Khalil et al. 1994). Porém, as evidências encontradas indicam que estes parasitos possam representar uma espécie ainda desconhecida pela ciência. É importante destacar também que os estudos de caracterização genética destes parasitos estão em andamento.

Apesar da espécie de *Oochoristica* não ter sido identificada, é sabido que parasitos deste gênero apresentam ciclo de vida heteroxeno, em que utilizam artrópodes (besouros principalmente) como hospedeiros intermediários (Hickman, 1963; Conn, 1985). Portanto, as informações ecológicas exploradas no próximo capítulo não ficaram comprometidas, uma vez que a provável rota de transmissão do parasito é reconhecida.

O gênero *Mesocoelium* já foi registrado em *G. humeralis* no Peru, sendo a espécie em questão *M. monas* (Goldberg e Bursey, 2010). Entretanto, no Brasil não existem registros deste gênero de digenético infectando *G. humeralis*, sendo o presente trabalho um novo registro de localidade para *Mesocoelium* neste lagarto. Atualmente, *Mesocoelium* inclui em torno de 55 espécies válidas, sendo que dessas apenas seis ocorrem na região Neotropical, cinco no Brasil e duas em répteis (uma em anfisbenas e uma em serpentes) (Dronen et al. 2012). Portanto, existem grandes possibilidades de os espécimes coletados no presente estudo representarem uma espécie ainda desconhecida pela ciência, fato que está em processo de averiguação, incluindo sua caracterização genética.

Assim como o caso do cestóide, o fato de *Mesocoelium* sp. não ter sido identificado até o nível de espécie, não representa grande fragilidade para o estudo de sua ecologia, visto que é reconhecido que as espécies deste gênero apresentam ciclo de vida heteroxeno, com o primeiro hospedeiro intermediário sendo um gastrópode como primeiro hospedeiro intermediário e possivelmente outros gastrópodes como segundo hospedeiro intermediário, nos quais as cercarias podem formar metacercarias (Dronen et al. 2012). Em algumas espécies, artrópodes podem atuar como segundos hospedeiros intermediários (Dronen et al. 2012). Dessa forma a transmissão ao hospedeiro definitivo é claramente por via trófica (Dronen et al. 2012).

A descrição original de *S. galliardi* (veja Chabaud, 1973) foi baseada apenas em fêmeas, pois de acordo com Chabaud et al. (1988) os machos desta espécie apresentam ocorrência sazonal. Atualmente *S. galliardi* inclui 14 espécies válidas que parasitam lagartixas (Gekkonidae e Sphaerodactylidae) e lacertídeos (Lacertidae) (Lhermitte et al. 2008). Apesar da ausência de macho nos espécimes encontrados, a morfologia dos mesmos é idêntica àquela reportada por Chabaud (1973) e Chabaud et al. (1988). Além disso, as fêmeas aqui estudadas foram coletadas no hospedeiro tipo e no mesmo bioma da localidade tipo de *S. galliardi* (veja Chabaud, 1973). Cabe destacar que o estudo de caracterização genética, inédita para *S. galliardi*, está em fase de finalização.

O ciclo de vida de *Skjabinelazia* sp. ainda é pouco conhecido, e aparenta exibir características de diversos grupos diferentes de nematóides como

Cosmocercidae, Atractidae e algumas características de Spirurida (Chabaud et al. 1988). Em um estudo sobre o ciclo de vida de *S. galliardi* em condições experimentais, Chabaud et al. (1988) concluiu que apesar de não haver hospedeiro intermediário envolvido, a transmissão depende de um hospedeiro paratênico (grilos nesse caso), pois se os ovos permanecerem no solo após saírem nas fezes, provavelmente nunca seriam ingeridos pelo hospedeiro, visto que *G. humeralis* é predominantemente insetívoro e raramente frequenta o solo (Chabaud et al. 1988; Miranda e Andrade, 2003).

Apesar de muitos estudos de cunho ecológico se preocuparem pouco com a identificação taxonômica acurada dos parasitos, nós acreditamos que os dados taxonômicos aqui apresentados serão de grande ajuda para estudos futuros incluindo *G. humeralis*. Isto porque, até o momento, estudos envolvendo parasitos deste hospedeiro permanecem enigmáticos e de forma que não pode ser comprovada, uma vez que não existem espécimes testemunho depositados em coleções. Além disso, conhecer corretamente o objeto de estudo (no caso os parasitos) é o primeiro passo para elucidação de questões subsequentes, como a ecologia ligada a esses organismos.

## CAPÍTULO II

**ESTUDO ECOLÓGICO SOBRE AS COMUNIDADES PARASITÁRIAS DO  
LAGARTO *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855) EM DUAS ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS, MARANHÃO -  
BRASIL**

## 8. INTRODUÇÃO

A sobrevivência dos parasitos depende do sucesso de exploração de seus hospedeiros (Marcogliese, 2004). Em outras palavras, a sobrevivência dos parasitos no meio ambiente depende da taxa de encontro com seus hospedeiros e a compatibilidade entre os hospedeiros e os parasitos, ou seja, a capacidade do parasito em encontrar e infectar com sucesso o hospedeiro (Budria e Candolin, 2013). Segundo Poulin (1996), as diferenças biológicas (fisiologia, morfologia e comportamento) entre hospedeiros de sexos diferentes podem tornar um gênero mais suscetível a infecções parasitárias do que o outro. Desse modo, diferenças na abundância de endoparasitos entre os sexos de hospedeiros podem estar relacionadas com a dieta, uso do habitat e período reprodutivo (Goldberg e Bursey, 1989; Pereira et al. 2012; Brito et al. 2014; Araújo-Filho et al. 2017). A riqueza (número de espécies) das infracomunidades de parasitos varia entre os indivíduos hospedeiros em uma mesma população, assim como entre diferentes populações e entre espécies hospedeiras diferentes (Poulin, 1995). Anfíbios e répteis tendem a apresentar uma comunidade parasitária menos diversa nos seus estágios mais jovens (Aho, 1990, Pereira et al. 2012). Isto se deve, em grande parte, ao tempo de exposição desses hospedeiros, pois os parasitos demoram certo tempo para se desenvolverem e aqueles hospedeiros adultos estiveram expostos por mais tempo (Aho, 1990).

Mudanças sazonais também podem influenciar de diversas maneiras a abundância de parasitos, bem como a sua riqueza e composição comunitária (Lafferty e Kuris, 2005). Por exemplo, o aumento na temperatura favorece algumas espécies de parasitos e de hospedeiros intermediários, o que pode acelerar as suas taxas de reprodução, resultando num aumento do tamanho populacional e da taxa de transmissão (Lafferty e Kuris, 2005). No entanto, as mudanças no ambiente induzidas pelo homem muitas vezes diferem das mudanças naturais, principalmente por serem mais rápidas e ocorrerem em escalas espaciais maiores, o que pode levar a um desequilíbrio ecológico (Turner II et al. 1990; Budria e Candolin, 2013). A poluição e degradação ambiental antrópica tem sido estudada como um fator com efeitos importantes sobre a abundância de parasitos e, portanto, sobre a transmissão de parasitos aos hospedeiros (Budria e Candolin 2013).

O aquecimento global é um dos principais resultados dos diversos impactos das ações antrópicas no meio ambiente e está fortemente ligado com o aumento na incidência de fenômenos climáticos extremos, com a elevação do nível do mar, a alteração na disponibilidade de recursos hídricos e a desertificação (Pinto et al., 2010). Nesse cenário, a preservação das florestas tropicais se torna cada vez mais essencial, uma vez que estas desempenham um importante papel nas trocas de energia e umidade entre a superfície continental e a atmosfera, sendo fundamentais para a manutenção do clima global (Rocha et al. 2012). O bioma amazônico apresenta uma área de cobertura florestal que é considerada uma das mais importantes do planeta (Soares-Filho et al. 2005). É o maior bioma do Brasil, ocupando cerca de 40% do seu território e ocorre nos Estados do Acre, Pará, Amapá, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Maranhão, Goiás, Tocantins e Amazonas (dos Santos Lopes et al. 2023). Apesar de sua considerável importância, vem apresentando grandes mudanças na sua cobertura florestal nas últimas décadas, tendo importantes implicações na perda da biodiversidade e outros serviços ambientais (Soares-Filho et al. 2005).

*G. humeralis* é um lagarto bastante comum na Amazônia brasileira (Vanzolini, 1968; Ávila-Pires, 1995) e está presente também em outros países da América do Sul, como a Bolívia e o Peru (Vanzolini, 1968, Goldberg et al. 2013). Diversas características filogenéticas e comportamentais sobre essa espécie de lagarto têm sido estudadas no Brasil. Um exemplo desses estudos é o trabalho de Oliveira Pinto e colaboradores (2023) que explorou diversos aspectos do comportamento de fêmeas e machos em uma área urbana do município de Macapá, no estado do Amapá, no qual analisaram quatro categorias de comportamento dos lagartos (antipredação, corte, forrageamento e territorialismo), concluindo que parte desses comportamentos tende a ser executado de formas e frequências diferentes entre machos e fêmeas. Em outro estudo, Oliveira e colaboradores (2021) analisaram a distribuição espacial do lagarto em dois diferentes fragmentos de biomas (Caatinga e Amazônia), bem como as diferenças na sua dieta entre esses dois biomas.

Diversos fatores ligados a ecologia parasitária do *G. humeralis* no bioma amazônico foram muito bem explorados por pesquisas científicas (Ávila-Pires, 1995; Oliveira Pinto, 2023). Contudo, a ecologia de suas comunidades parasitárias ainda é

um tema pobremente explorado no Brasil. Os estudos relacionados aos seus parasitos são restritos a amostragens pequenas e identificações pouco precisas. Essa escassez de dados torna o presente estudo muito importante do ponto de vista do conhecimento da fauna parasitária deste lagarto e da conservação de uma importante biodiversidade, considerando que os parasitos podem ser o grupo de organismos mais rico em espécies na Terra, apesar de englobarem a maioria das espécies não descritas ou não descobertas (Carlson et al., 2020).

## **9. MATERIAL E MÉTODOS**

### **9.1 Coleta e processamento dos hospedeiros, parasitos e caracterização das áreas de estudo**

A coleta dos hospedeiros foi realizada no município de São Luís, estado do Maranhão, seguindo metodologia conforme foi detalhada no Capítulo I deste trabalho. Os lagartos foram capturados manualmente através de busca ativa, entre 07:00h e 17:00h, durante os meses de outubro e novembro de 2023. A temperatura da cidade nesse período variou entre 27°C e 34°C e não houve dias chuvosos, sendo o período de coleta característico da estação seca. Os parasitos foram coletados, acondicionados e processados para identificação conforme foi detalhado no Capítulo I deste trabalho.

A primeira área de coleta, o P.E. do Bacanga (Figura 7A), está inserida em uma região bastante urbanizada de São Luís, e possui em seu interior corpos hídricos importantes, contando com o maior manancial hídrico da capital Maranhense, o qual é utilizado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) para abastecimento dos municípios que compõem a Grande Ilha. Segundo a Superintendência de Biodiversidade e Áreas Protegidas (SBAP) do Maranhão, um processo de antropização muito complexo vem ocorrendo nessa unidade de conservação há décadas, ameaçando sua dinâmica hídrica. Sendo assim, esta unidade de conservação tem como principal objetivo a proteção dos mananciais hídricos existentes. A SBAP definiu no ano de 2018, que o parque

apresenta diferentes áreas, baseado nos seus processos de antropização e conservação, a saber:

- I. Área conservada;
- II. Área moderadamente impactada;
- III. Área comercial consolidada;
- IV. Área residencial consolidada;
- V. Área residencial inconsolidada ou esporádica;
- VI. Área de extração mineral;
- VII. Área de manejo agrícola;
- VIII. Área de uso diverso.



**Figura 7:** As imagens A e B mostram duas diferentes trilhas dentro do Parque Estadual do Bacanga, no município de São Luís, Maranhão, locais onde foram realizadas as coletas dos hospedeiros.

Durante as coletas, foi possível observar que o P.E. do Bacanga apresenta um grande número de visitantes diariamente e que a fiscalização das atividades exercidas nas partes mais internas do parque é muito escassa. O P.E. do Bacanga apresenta muitas trilhas em seu interior, onde a vegetação adjacente aparenta ser afetada pelo trânsito de pessoas e bicicletas. Além disso, não é possível notar muitas placas informativas ou placas de alerta quanto à importância da população respeitar a fauna e flora local. Esse fator, somado a escassez da fiscalização pode estar prejudicando a preservação ambiental do local e poderá resultar em sérios impactos no futuro.

A segunda área de coleta, APA do Itapiracó, localiza-se entre os municípios de São Luís e São José de Ribamar e foi criada pelo Decreto Estadual de número 15.618/97, delimitando área total de 322 hectares (DECRETO Nº 15.618 DE JUNHO DE 1997). A área tem a Secretaria de Meio Ambiente do Estado como responsável por sua administração e conta ainda com o Batalhão Ambiental do Exército no desenvolvimento de ações que visam atividades de conservação, esporte, segurança, lazer, educação ambiental e cultural.

Apesar da fiscalização da APA do Itapiracó ser mais evidente, em seu perímetro pode-se notar um número ainda maior de atividades de lazer realizadas pelos moradores da região. Após a restauração de seu complexo recreativo, instalaram-se áreas de lazer para a prática de esportes e o complexo ganhou dezesseis praças, pista de cooper e skate, calçadão para caminhada, quadra coberta, parques infantis, campos de futebol e futevôlei, dois estacionamentos e a instalação de um posto da Polícia Ambiental (da Silva e Fraga, 2019).



**Figura 8:** As fotos mostram áreas no interior da APA do Itapiracó. (A)- Placa educativa sobre as queimadas; (B) – Vegetação no interior do parque; (C) - Registro de uma sacola de lixo depositada em uma trilha.

## 9.2 Análises ecológicas e estatísticas

A terminologia relacionada à ecologia parasitária seguiu a proposta de Bush et al. (1997), de forma que os seguintes descritores populacionais foram estimados: prevalência; abundância e abundância média (AM). Com a finalidade de analisar a estrutura das infracommunidades e comunidades componentes de parasitos (veja Bush et al. 1997 para mais detalhes), foram estimadas a riqueza de espécies,

diversidade mensurada pelo índice de Brillouin (HB), dominância mensurada pelo índice de Berger-Parker (d) e uniformidade mensurada pelo índice de Piellou (J') (Magurran 2004). As espécies de parasitos foram classificadas segundo seu status comunitário de acordo com as AMs, em que  $AM < 0,2$  indica espécie rara,  $0,2 < AM < 0,6$  indica espécie satélite,  $0,6 < AM < 2,0$  indica espécie secundária e  $AM > 2,0$  indica espécie central (Zander et al. 2000). A dispersão das espécies de parasitos nas populações de hospedeiros foi estimada de acordo com o índice de discrepância (ID), proposto por Poulin (1993).

Primeiramente foi verificado se havia relação e a natureza dessa relação entre o peso dos lagartos e o CRC, pois estas variáveis quase sempre estão associadas significativamente e positivamente. Para tanto, foi utilizada uma regressão linear simples, sendo que o ajuste do modelo às variáveis observadas foi verificado a partir do teste de normalidade dos resíduos desse modelo, através do teste de Shapiro-Wilk (Zar, 2014). Com base nos resultados da análise anterior, foi verificado se o CRC dos lagartos apresentava alguma associação com o sexo, ontogenia ou localidade de coleta (P.E. Bacanga ou APA do Itapiracó), pois é comum que o CRC apresente diferenças sexuais e ontogenéticas (entre jovens e adultos), bem como confirmar a homogeneidade do CRC entre as localidades de coleta. Para tanto, foi utilizada a regressão linear conforme descrito anteriormente (Zar, 2014).

Com a finalidade de verificar se o CRC, sexo, ontogenia e localidade de coleta dos lagartos apresentava alguma relação com os indicadores parasitológicos de abundância (por espécie de parasito), riqueza, HB, d e J', foram utilizados modelos de regressão múltipla, em que cada indicador parasitológico foi inserido como variável predita (resposta) e os dados dos hospedeiros como variáveis preditoras (explicativas), sem interação entre elas e com o CRC interagindo com o sexo, e CRC interagindo com ontogenia (Dohoo et al. 2003; Zar, 2014). Esses modelos foram lineares generalizados (GLMs), pois seus resíduos não apresentaram distribuição normal, portanto; o que mais se adequou aos dados foi o GLM de Poisson, com ajuste para zeros inflados (quando há muitas observações nulas para a variável resposta) (Dohoo et al. 2003). Para a escolha das configurações mais adequadas de cada modelo foi utilizado o método *stewise*, em ambos os sentidos, com a finalidade de verificar quais variáveis preditoras (explicativas) deveriam de fato ser mantidas ou

não nos modelos (Dohoo et al., 2003; Zar, 2014). Para verificar as mesmas relações entre as variáveis preditoras (explicativas) e a prevalência de cada espécie de parasito (variável resposta), foi utilizada a mesma metodologia anteriormente descrita, porém o GLM mais adequado foi o de regressão logística, pois prevalência é uma variável nominal binomial (Dohoo et al., 2003; Zar, 2014). Para cada GLM, foram estimadas as razões de chance de cada variável preditora (resposta) (*odds ratio* [OR]), considerando intervalo de confiança (IC) de 95%, com a finalidade de verificar a relação entre as variáveis preditas e preditoras, sendo  $0 < OR < 1$  relação antagônica,  $OR = 1$  ausência de relação,  $OR > 1$  relação concordante, sendo que se o valor 1 estivesse incluso no IC a relação foi considerada nula mesmo em caso de  $p < 0,05$  (Dohoo et al., 2003; Zar, 2014). *Mesocoelium* sp. não foi incluído nestas análises, pois além de ter apresentado abundância e prevalência muito baixas (baixa amostragem), foi um táxon que só ocorreu na APA do Itapiracó.

A similaridade entre as duas localidade de coleta foi avaliada em nível de infracomunidades, utilizando o índice de Bray-Curtis para dados quantitativos (abundâncias transformadas por  $\log[x+1]$ ) e índice de Jaccard para dados qualitativos (presença/ausência) (Magurran, 2004). A análise de similaridades (ANOSIM) foi realizada considerando a localidade de coleta como fator, com base nas matrizes de similaridade ranqueadas de Bray-Curtis e Jaccard, com 10.000 permutações (Magurran, 2004). Também considerando a localidade de coleta como fator e com base na prevalência e abundância de parasitos, foram realizadas análises de agrupamento, com teste de prova de similaridade (SIMPROF), utilizando 10.000 permutações, o qual indica quais ramos do cladograma são estatisticamente válidos, para verificar graficamente se as infracomunidades parasitárias poderiam se agrupar de acordo com a localidade de coleta (Clarke e Gorley, 2006; Clarke et al. 2008). Com a mesma finalidade, utilizamos também uma análise de escalonamento multiespacial não métrica, com os ordenadores vetorias no espaço quantificados por estresse (Clarke e Gorley, 2006; Clarke et al. 2008). Nestes casos, os hospedeiros que não estiveram parasitados por nenhum táxon de parasitos foram excluídos, para que um clado externo não se formasse e a análise não ficasse enviesada (Clarke et al. 2008). Essas análises gráficas também foram baseadas nas matrizes de similaridade de Jaccard e Bray-Curtis ranqueadas.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas Primer 6 (Clarke e Gorley, 2006) e R, com a interface RStudio e implementação dos pacotes `candisk`, `car`, `fact`, `oMineR`, `factoextra`, `ggplot2`, `hplots`, `MASS` e `nnet` (Venables e Ripley, 2002; Friendly, 2007; Lê et al. 2016; Fox e Weisberg, 2018; R Core Team, 2021; Friendly e Fox, 2021, Kassambran e Mundt, 2020). O nível de significância de  $p$  considerado foi de 0,05. Os valores de média estão seguidos de  $\pm$  um desvio padrão e amplitude entre parênteses ou colchetes.

## 10. RESULTADOS

Foi coletado um total de 132 exemplares da espécie *G. humeralis*, sendo 67 indivíduos machos (CRC =  $3,32 \pm 0,48$  [2,1 – 4,2] cm; peso =  $0,68 \pm 0,37$  [0,1 – 2,29] g) e 65 fêmeas (CRC =  $3,03 \pm 0,42$  [2,0 – 3,8] cm; peso =  $0,45 \pm 0,27$  [0,1 – 1,07] g). Desses, 35 foram considerados imaturos sexualmente e, conseqüentemente, jovens medindo  $2,6 \pm 0,25$  (2,0 – 2,9) cm de CRC e pesando  $0,33 \pm 0,24$  (0,11 – 1,07) g. No P.E. do Bacanga, foram coletados 47 indivíduos, dos quais 21 eram machos, 26 eram fêmeas e apenas 12 estavam imaturos sexualmente. Na APA Itapiracó, foram coletados 85 lagartos, dos quais 46 eram machos, 39 eram fêmeas e 23 foram classificados como jovens (imaturos sexualmente).

A comunidade parasitária foi composta por apenas três espécies de endoparasitos, em estágio adulto, sendo o nematoide *Sakrjabinelazia galliardi* o mais prevalente e abundante, seguido do cestóide *Oochoristica* sp., e por último o digenético *Mesocoelium* sp. o qual foi encontrado em apenas dois hospedeiros na APA Itapiracó. Nenhum parasito apresentou status de espécie central, o maior status foi apresentado pelo nematoide *S. galliardi* o qual foi classificado como espécie secundária. Todos os parasitos apresentaram uma distribuição altamente agregada. Os dados relativos ao sítio de infecção, prevalência, abundância, status comunitário e agregação de cada espécie de parasito estão apresentados na Tabela 2. A diversidade média da comunidade componente foi extremamente baixa ( $HB = 0,007 \pm 0,05$  [0 – 0,49]), assim como a uniformidade ( $J' = 0,014 \pm 0,1$  [0 – 0,88]), enquanto a dominância foi mais elevada ( $d = 0,23 \pm 0,41$  [0 – 1]).

**Tabela 2.** Sítio de infecção, prevalência (P), abundância média (AM)  $\pm$  desvio padrão (amplitude), status comunitário e agregação (ID) dos parasitos encontrados em *Gonatodes humeralis*, coletado no município de São Luis, Maranhão, Brasil.

<b>Táxon de parasito</b>	<b>Sítio de infecção</b>	<b>P(%)</b>	<b>AM</b>	<b>Status comunitário</b>	<b>ID</b>
<i>S. galliardi</i>	Estômago	16,7	0,72 $\pm$ 3,0 (0–31)	Secundária	0,91
<i>Oochoristica</i> sp.	Intestino delgado	7,5	0,1 $\pm$ 0,46 (0–3)	Rara	0,93
<i>Mesocoelium</i> sp.	Intestino delgado	1,5	0,03 $\pm$ 0,27 (0–3)	Rara	0,98

A regressão linear indicou correlação positiva e relativamente forte entre o CRC e o peso dos lagartos ( $p < 0,001$ ,  $r^2 = 0,31$ ), sendo bem ajustado aos dados observados com os resíduos apresentando distribuição normal ( $p = 0,1$ ). Dessa forma, apenas o CRC foi utilizado nas análises subsequentes. De acordo com o segundo modelo de regressão linear, utilizando o CRC como variável resposta e o sexo, ontogenia e localidade de coleta como variáveis explicativas, o CRC se apresentou maior em lagartos machos ( $p = 0,001$ ), maior em indivíduos adultos ( $p < 0,001$ ), porém não apresentou qualquer relação com a localidade de coleta ( $p = 0,44$ ), sendo as relações significativas entre as variáveis bastante fortes ( $r^2 = 0,68$ ), e o modelo bem ajustado, uma vez que os resíduos apresentaram distribuição normal ( $p = 0,06$ ). Dessa forma, nas análises incluindo os indicadores parasitológicos o CRC foi interagido com o sexo e a ontogenia dos hospedeiros.

Nenhum modelo de regressão logística indicou associação do sexo, ontogenia e localidade de coleta com a prevalência de *S. galliardi* e *Oochoristica* sp. ( $p$  valores foram sempre maiores que 0,06). Quando a abundância dos parasitos foi considerada como a variável resposta, esta de *S. galliardi* foi maior na APA Itapiracó ( $p < 0,001$ ; OR = 3,42; IC = 1,94 – 6,05), e o comprimento quando em interação com o sexo masculino apresentou associação positiva com a abundância desse parasito ( $p = 0,04$ ; OR = 4,61; IC = 1,15 – 21,20). Em relação a *Oochoristica* sp., a abundância deste parasito apresentou associação positiva com o comprimento dos

lagartos ( $p = 0,02$ ;  $OR = 1,77$ ;  $IC = 1,28 - 1,77$ ). Apesar do GLM de Poisson não ter indicado associação entre sexo dos hospedeiros e abundância de *Oochoristica* sp., o valor de  $p$  foi marginalmente significativa apresentado valor de 0,053 em relação ao sexo e 0,0504 quando o sexo masculino em interação com o comprimento foi considerado. Isso indica que existe uma tendência de a abundância de *Oochoristica* sp. ser maior em lagartos machos e aumentar à medida que o tamanho também aumenta. Os valores de prevalência e abundância média dos parasitos de acordo com o sexo, ontogenia e localidade de coleta dos hospedeiros estão apresentados na Tabela 3.

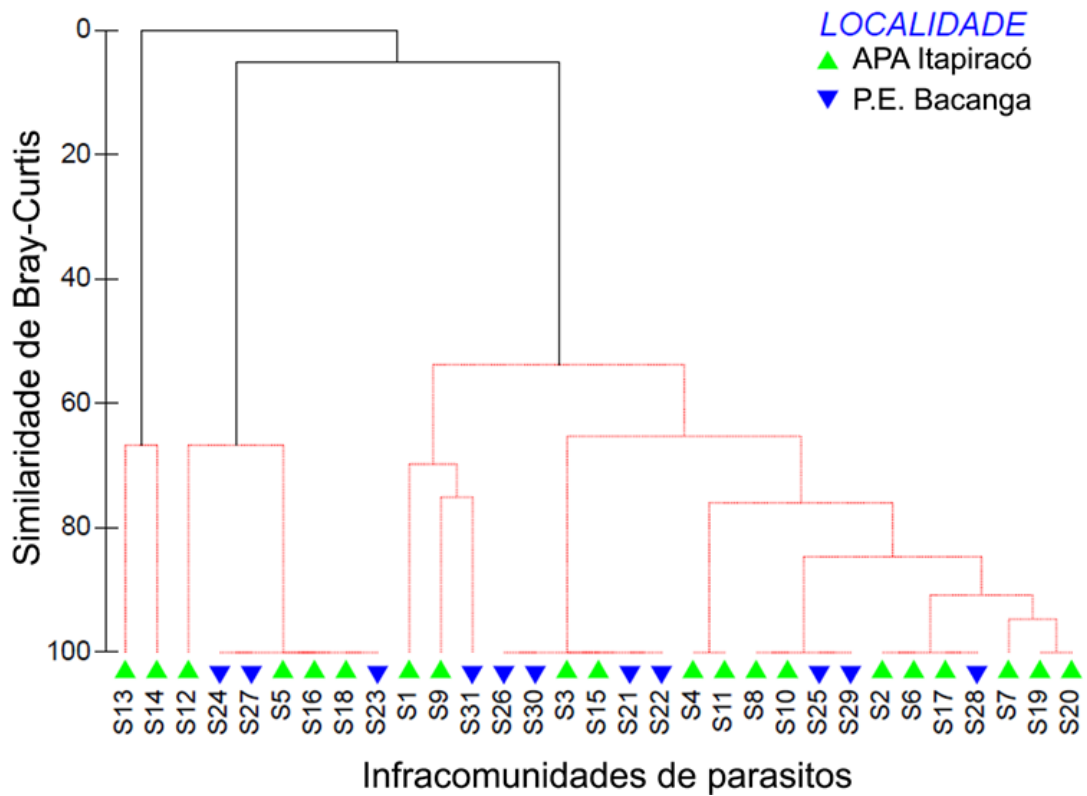
**Tabela 3:** Prevalência (P) e abundância média (AM), seguida por um desvio padrão e amplitude entre parênteses, dos parasitos encontrados em *Gonotodes humeralis*, coletados no município de São Luís, Matranhão, Brazil, de acordo com sexo, ontogenia e localidade de coleta dos hospedeiros.

Táxon de parasito	Sexo				Ontogenia				Localidade			
	Macho		Fêmea		Jovem		Adulto		APA Itapiracó		P.E. Bacanga	
	P(%)	AM	P(%)	AM	P(%)	AM	P(%)	AM	P(%)	AM	P(%)	AM
<i>S. galliardi</i>	19,4	1,1 ± 4,6 (0–31)	13,8	0,3 ± 0,9 (0–4)	11,0	0,17 ± 0,6 (0–3)	18,0	0,92 ± 3,5 (0–31)	16,5	0,93 ± 3,7 (0–31)	17,0	0,29 ± 0,74 (0–3)
<i>Oochoristica</i> sp.	10,4	0,13 ± 0,5 (0–3)	4,6	0,07 ± 0,40 (0–3)	2,8	0,02 ± 0,17 (0–1)	9,2	0,13 ± 0,49 (0–3)	7,0	0,12 ± 0,49 (0–3)	8,5	0,08 ± 0,28 (0–1)
<i>Mesocoelium</i> sp.	-	-	3,0	0,06 ± 0,39 (0–3)	-	-	2,0	0,04 ± 0,32 (0–3)	2,3	0,05 ± 0,34 (0–3)	-	-

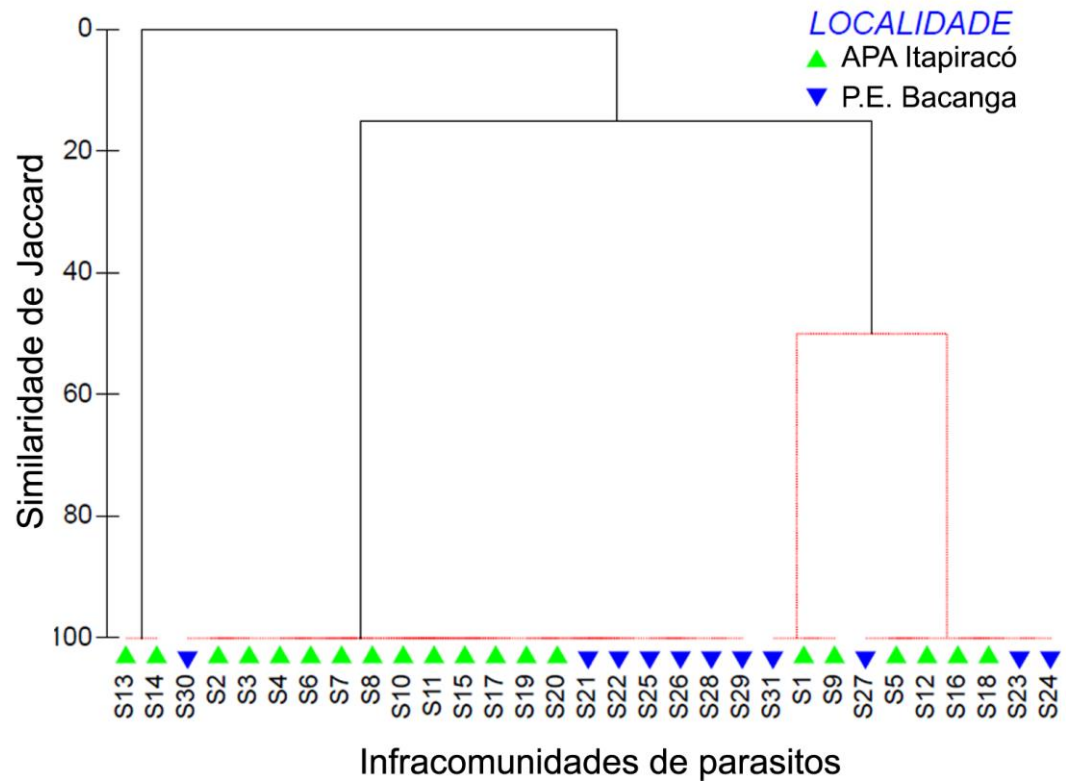
Considerando a diversidade (HB) e uniformidade (J') como variáveis respostas nos GLMs de Poisson, estas não apresentaram nenhuma associação com o comprimento, sexo, ontogenia e localidade de coleta dos hospedeiros ( $p$  valores foram sempre maior que 0,3). Porém, em relação à dominância (d) esta apresentou associação positiva com o comprimento ( $p = 0,02$ ;  $OR = 2,4$ ;  $IC = 1,1 - 5,38$ ), porém não com as outras variáveis explicativas.

As análises de similaridades (ANOSIM) considerando a localidade de coleta como fator, indicou alta similaridade entre as infracomunidades do P.E. Bacanga e APA Itapiracó, tanto quantitativa ( $p = 0,5$ ;  $R$  global = -0,15) quanto qualitativamente

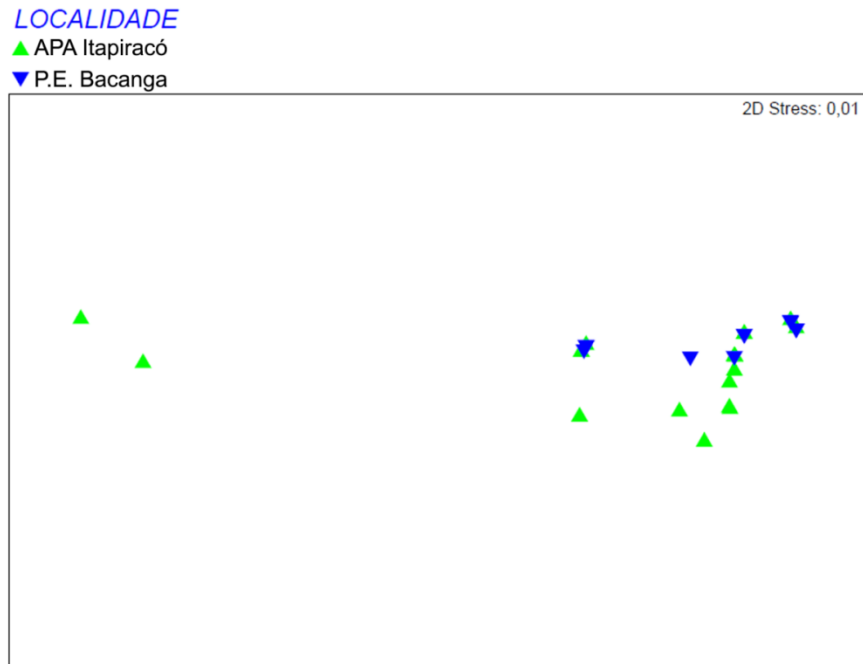
( $p = 0,8$ ;  $R \text{ global} = -0,05$ ). Esses resultados foram claramente refletivos pelas análises de agrupamento e de escalonamento multidimensional (Figuras 9, 10, 11 e 12).



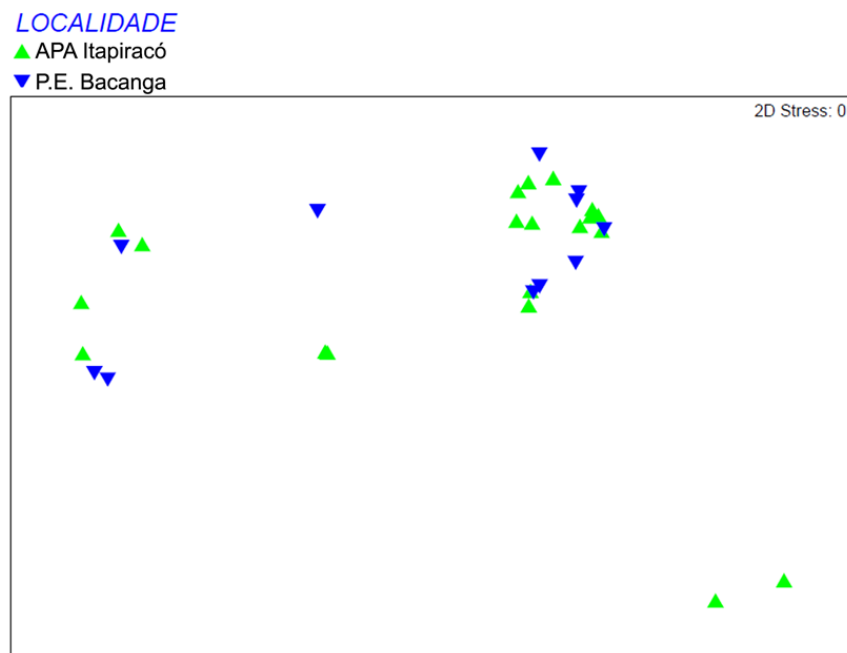
**Figura 9:** Análise de agrupamento, com base na matriz de similaridades de Bray-Curtis, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto *Gonatodes humeralis*, coletado no município de São Luís, Maranhão, Brasil, utilizando a localidade de coleta como fator. Os clados em vermelhos não apresentam valor significativo segundo o teste de SIMPROF, com 10.000 permutações.



**Figura 10:** Análise de agrupamento, com base na matriz de similaridades de Jaccard, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto *Gonotodes humeralis*, coletado no município de São Luís, Maranhão, Brasil, utilizando a localidade de coleta como fator. Os clados em vermelhos não apresentam valor significativo segundo o teste de SIMPROF, com 10.000 permutações.



**Figura 11:** Análise de escalonamento, com base na matriz de similaridades de Bray-Curtis, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto *Gonatodes humeralis*, coletado no município de São Luís, Maranhão, Brasil, utilizando a localidade de coleta como fator.



**Figura 12:** Análise de escalonamento, com base na matriz de similaridades de Jaccard, entre as infracomunidades de parasitos do lagarto *Gonatodes humeralis*, coletado no município de São Luís, Maranhão, Brasil, utilizando a localidade de coleta como fator.

## 11. DISCUSSÃO

O lagarto *G. humeralis* é uma espécie não ameaçada de extinção e muito comum no bioma Amazônia (Ávila-Pires, 1995; Oliveira Pinto et al. 2023). No presente trabalho foram coletados 132 indivíduos dessa espécie, sendo 85 na APA Itapiracó e o restante no P.E. Bacanga. Esta diferença amostral quantitativa não enviesou as análises, pois qualitativamente a amostragem esteve equilibrada entre as áreas, em relação ao número de machos e fêmeas, e jovens e adultos. Além disso, de acordo com os trabalhos pioneiros e referenciais em ecologia parasitária de Esch et al. (1990) e Bush et al. (1997), uma amostragem com 30 hospedeiros ou mais já é considerada representativa de uma comunidade componente, visto que cada indivíduo hospedeiro representa virtualmente o ambiente que suporta uma comunidade parasitária completa.

Ainda no sentido do parágrafo anterior, foi constatado que lagartos do sexo masculino apresentaram maior CRC que das fêmeas, assim como, logicamente os adultos também foram maiores que os jovens. Entretanto, a localidade de coleta não apresentou relação com o CRC, fato que denota também homogeneidade das amostras entre as localidades, visto que o CRC comumente influencia a estrutura da comunidade de endoparasitos em lagartos (veja como exemplos Aho, 1990; Fontes et al. 2003; Pereira et al. 2012, 2013). Cabe destacar que, apesar dessas diferenças significativas observadas, as diferenças brutas numéricas entre o CRC de machos e fêmeas foi pequena, visto que *G. humeralis* é um lagarto de pequeno porte. Como o peso esteve associado positivamente com o CRC na presente análise, nós optamos por utilizar somente este último nas análises subsequentes, pois de acordo com Aho (1990) e analogamente à teoria da biogeografia de ilhas (Macarthur e Wilson, 2001), o tamanho corporal é um fator mais intenso de influência na estrutura da comunidade de endoparasitos do que o peso ou biomassa em si.

A comunidade parasitária componente em *G. humeralis* analisados no presente estudo apresentou-se depauperada, isto é, baixa riqueza de espécies (apenas um nematoide, um cestóide e um digenético), baixa diversidade segundo o índice HB e baixas abundâncias parasitárias. De fato, nenhum táxon de parasito pôde ser classificado como espécie central, sendo apenas o nematoide *S. galliardii* classificado como espécie secundária e os demais como raros. Tal padrão é típico

em comunidades de parasitos de répteis (Aho, 1990), como foi observado em várias espécies de lagartos no Brasil (Van Sluys et al. 1997; Fontes et al. 2003; Barreto-Lima et al. 2012; Pereira et al. 2012, 2013; Alcantara et al. 2018). Além disso, apesar do cestóide *Oochoristica* sp. e o digenético *Mesocoelium* sp. compartilharem o mesmo sítio de infecção (intestino delgado), a comunidade apresentou um perfil não interativo, sem qualquer indício de interação interespecífica, devido ao fato desses táxons serem raros e a diversidade geral da comunidade ser baixa, com dominância do nematoíde *S. galliardi*, o qual está presente no estômago (Esch et al. 1990).

Atualmente, é muito complicado discutir os padrões relacionados à estrutura da comunidade de parasitos em *G. humeralis*, pois a literatura é escassa em relação a esse assunto. Apenas, Ávila e Silva (2013) e Goldberg et al. (2013) apresentam dados, embora limitados, sobre a comunidade de parasitos em *G. humeralis* no sul da Amazônia brasileira e Peru, respectivamente. Em ambos os estudos a riqueza de espécies foi muito baixa (duas e três espécies apenas), como a aqui relatada, sendo que nenhum deles relatou infecção por cestóides. Cabe destacar que Ávila e Silva (2013) relataram prevalências mais altas do que é costumeiro ser observado em infecções por nematóides em *G. humeralis*. Tais diferenças podem estar relacionadas às características ambientais locais, bem como às características de transmissão dos parasitos que foram encontrados, isto é, *Physaloptera retusa* (heteroxeno) e *Parapharyngodon sceleratus* (monoxeno), ambos extremamente comuns em diversos lagartos da fauna brasileira (Vicente et al. 1993).

Os parasitos estão comumente distribuídos em suas populações de hospedeiros de maneira agregada (Poulin, 1993; Poulin, 2013; Begon e Townsend, 2021). Este padrão é explicado pelo fato de que o parasito, como causador de dano ao hospedeiro, preserva este recurso infectando apenas alguns indivíduos de uma população, bem como pelo fato de que a distribuição agregada facilita o encontro entre indivíduos coespecíficos para reprodução (Poulin, 1993; Poulin, 2013; Begon e Townsend, 2021). A agregação também costuma ser associada negativamente à prevalência parasitária, ou seja, quanto menor é a prevalência maior é a agregação (Poulin, 1993). Os resultados aqui apresentados demonstram exatamente essas premissas, sendo que todos os táxons de parasitos apresentaram distribuições

altamente agregadas e prevalências mais baixas, padrão típico de muitos grupos parasitários.

É sabido que as estratégias de transmissão que os parasitos apresentam, estão diretamente associadas ao seu sucesso de estabelecimento tanto nos ecossistemas, quanto no próprio hospedeiro (Combes, 2001; Marcogliese, 2004; Gómez e Nichols, 2013). Aparentemente, na presente comunidade parasitária a transmissão trófica, a partir da ingestão de hospedeiros intermediários componentes da dieta de *G. humeralis*, é a via mais importante utilizadas pelos parasitos encontrados. Apesar do ciclo de vida desses táxons de parasitos não ser totalmente elucidado, é comprovado que tanto *Oochoristica* sp., quanto *Mesocoelium* sp. utilizam hospedeiros intermediários invertebrados para infectar seus hospedeiros definitivos, via cadeia alimentar (veja Hickman, 1963; Conn, 1985; Dronen et al. 2012). Em relação à *S. galliardi*, apesar de ser considerada uma espécie com ciclo monoxeno, de acordo com Chabaud et al. (1988) a transmissão desta espécie depende de um inseto (grilo) que atua como hospedeiro paratênico, uma vez que é improvável que *G. humeralis* ingira ovos do parasito diretamente do solo, pois este réptil raramente frequenta o solo (Miranda e Andrade, 2003). Desta forma, a dieta do lagarto, a qual é composta majoritariamente por insetos e gastrópodes (Miranda e Andrade, 2003), é um importante fator estruturante da presente comunidade componente de parasitos, corroborando a proposta de Aho (1990).

As diferenças sexuais entre lagartos como hospedeiros podem influenciar diretamente a estrutura de suas comunidades de parasitos (Aho, 1990). Tais diferenças podem estar relacionadas principalmente ao tamanho, comportamento em geral e fisiologia (principalmente hormonal) dos indivíduos machos e fêmeas (Aho, 1990; Roberts et al. 2004; Pereira et al. 2012, 2013). Os resultados do presente estudo indicaram que machos e indivíduos maiores tenderam a albergar mais indivíduos da espécie *S. galliardi*, bem como indivíduos maiores tenderam a albergar mais indivíduos da espécie *Oochoristica* sp. Nesses casos, a explicação mais plausível é que o tamanho corporal seja o principal fator de influência, uma vez que os machos são significativamente maiores que as fêmeas, logo implícitos no grupo de hospedeiros com CRC maiores. As possíveis explicações para essas observações são que hospedeiros maiores proporcionam maior espaço e recursos

para a colonização dos parasitos (teoria ecológica conhecida como *area per se*, veja Macarthur e Wilson, 2001); ou simplesmente que quanto maior é um hospedeiro, maior será seu requerimento energético, portanto maior probabilidade de ingestão de um hospedeiro intermediário infectado pelos parasitos (Aho 1990; Pereira et al. 2013). O fato de a dominância apresentar correlação positiva com o CRC pode ser explicado pela mesma tendência observada em relação à abundância de *S. galliardii* que foi a espécie mais dominante da comunidade. Portanto, quanto mais indivíduos de *S. galliardii* presentes, maior é o índice de dominância.

Ainda sobre as diferenças sexuais entre hospedeiros influenciando a estrutura das comunidades de parasitos, é importante destacar que os poucos lagartos infectados pelo digenético *Mesocoelium* sp. eram todos fêmeas. De acordo com um estudo realizado sobre a dieta de *G. humeralis* também no município de São Luís, Maranhão, Miranda e Andrade (2003) constataram que apenas fêmeas consumiram gastrópodes em sua dieta. Esta é uma observação interessante, visto que a transmissão de *Mesocoelium* spp. ocorre pela ingestão de gastrópodes (Dronen et al. 2012), reforçando ainda mais a importância da composição da dieta de *G. humeralis* para a estruturação de sua comunidade de endoparasitos.

Além das características inerentes aos hospedeiros, aquelas ligadas ao ambiente externo também podem influenciar diretamente a estrutura de uma comunidade de parasitos (Combes 2001; Brian e Aldridge, 2023). Esses fatores em ambiente terrestre incluem principalmente temperatura, incidência luminosa (sobretudo de raios solares UV), e a presença e abundância de hospedeiros intermediários em caso de parasitos heteróxeos (Marcogliese, 2004, 2005; Brian e Aldridge, 2022). Recentemente, também tem se intensificado a discussão do impacto das atividades antrópicas no ambiente e suas consequências para as comunidades de parasitos, embora as discussões sejam mais focadas em ecossistemas aquáticos (Marcogliese 2005; Nachev e Sures, 2016; Vidal-Martínez e Wunderlich, 2017). No presente estudo, nós abordamos duas áreas ditas como áreas com diferentes graus de atividades antrópicas. Em teoria, a APA Itapiracó deveria apresentar menor atividade humana que o P.E. Bacanga, todavia, durante as atividades de campo, foi constatado que ambas as áreas apresentam características semelhantes no que diz respeito tanto ao ambiente natural quanto à

intensidade de atividade antrópica, como foi descrito na metodologia deste capítulo. Foi provavelmente devido a essas semelhanças que as infracomunidades de parasitos do P.E. do Bacanga e da APA Itapiracó foram altamente similares, se sobrepondo nas análises gráficas, e não apresentando diferenças significativas em relação aos descritores comunitários (HB, J' e d).

Mesmo com a semelhança ambiental entre o P.E. do Bacanga e a APA Itapiracó, bem como entre suas infracomunidades de parasitos, a abundância do nematoide *S. galliardi* foi significativamente maior nessa última. Este resultado pode estar associado com a disponibilidade de hospedeiros paratênicos utilizados por *S. galliardi* (veja Chabaud et al. 1988), a qual pode ser maior na APA Itapiracó. De maneira interessante, os digenéticos *Mesocoelium* sp. foram encontrados apenas na APA Itapiracó. Sabe-se que gastrópodes, os quais atuam como hospedeiros intermediários deste parasito (veja Dronen et al. 2012), podem ser bastante sensíveis às condições e impactos ambientais (Radwan et al. 2020). Portanto, é plausível assumir que esses moluscos transmissores de *Mesocoelium* sp., possam estar presentes somente na APA Itapiracó, e que esta área de fato possui maior grau de preservação ambiental do que o P.E. Bacanga, até o presente momento.

Por fim, como foram encontrados apenas parasitos em estágio adulto nos *G. humeralis* analisados, esta espécie não apresenta importância como hospedeiro paratênico e ou intermediário neste ecossistema, mas sim é importante como um hospedeiro definitivo. Apesar da comunidade componente de parasitos ter se apresentado altamente depauperada, como é típico em lagartos como hospedeiros (Aho, 1990), e as infracomunidades terem sido altamente similares entre as duas localidades de coleta, o presente estudo representa um importante passo para a melhor compreensão da dinâmica parasitos-*G. humeralis*, visto que é a primeira vez que essas relações ecológicas são exploradas a fundo. Além disso, este é o primeiro registro de um cestóide infectando *G. humeralis*, contribuindo para o melhor conhecimento sobre a diversidade de parasitos nesse hospedeiro.

Em conclusão, a dieta de *G. humeralis* aparenta ser o fator mais determinante na estruturação da presente comunidade de parasitos, assim como o tamanho corporal exerce importante influência neste processo. De maneira indireta, o sexo do lagarto também está ligado à estrutura da comunidade de parasitos, principalmente

porque os machos são maiores, e as fêmeas apresentam preferências alimentares únicas deste gênero. Apesar do ambiente não ter se apresentado como um fator importante para a diferenciação de infracomunidades parasitárias, este tem seu papel uma vez que o nematoide foi mais abundante e o digenético foi encontrado apenas na APA Itapiracó. Esta aparente fraca influência ambiental na comunidade de parasitos pode ser devido ao caráter depauperado da mesma.

## 12. CONCLUSÕES

- A comunidade parasitária do lagarto *G. humeralis* no presente estudo apresentou baixa riqueza de espécies, sendo composta apenas por três espécies;
- Todos os táxons de parasitos apresentaram distribuições altamente agregadas e prevalências baixas;
- Não há interação aparente entre as espécies de parasitos do *G. humeralis*, pois a dominância dessa comunidade parasitária é alta (0.23), exercida pelo nematoide *S. galliardii*, Sendo os táxons de parasitos raros e a diversidade geral da comunidade baixa;
- O gênero *Mesocoelium* sp., ocorreu apenas em uma das localidades (APA do Itapiracó), indicando que os moluscos transmissores desses digenéticos podem estar presentes somente nesta área;
- Nenhum táxon de parasito pôde ser classificado como espécie central, sendo o nematoide *S. galliardii* classificado como espécie secundária e os demais como raros;

- Machos e indivíduos maiores tenderam a albergar mais indivíduos da espécie *S. galliardi*, bem como indivíduos maiores tenderam a albergar mais indivíduos da espécie *Oochoristica* sp.;
- A dieta de *G. humeralis* aparentou ser o fator mais determinante na estruturação da presente comunidade de parasitos;
- Este trabalho demonstra o primeiro registro de parasitos do gênero *Oochoristica* sp. no *G. humeralis* no Brasil;
- As infracomunidades de parasitos do P.E. do Bacanga e da APA Itapiracó foram altamente similares, se sobrepondo nas análises gráficas, e não apresentando diferenças significativas em relação aos descritores comunitários (HB, J' e d).

Um trabalho escrito relacionado a este estudo foi aceito para publicação pela revista Herpetological Review (ISSN: 0018-084X):

ROSA, A. L. M; GOMIDES, S. C; MENKS, F. R.; PASCHOAL, F. O.; PEREIRA, F. B. *GONATODES HUMERALIS* (South American Clawed Gecko). HYPERTROPHY OF THE ENDOLYMPHATIC SACS. HERPETOLOGICAL REVIEW, 2024.

### 13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHID, Silvia Maria Mendes; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, Ricardo; SARAIVA, Lauro Queiroz. Dirofilariose canina na Ilha de São Luís, Nordeste do Brasil: uma zoonose potencial. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 15, p. 405-412, 1999.

AHO, J. M. Helminth communities of amphibians and reptiles: comparative approaches to understanding patterns and processes. In: Bush, A. O.; Fernández, J. C.; Esch, G. W.; Seed, J. R. (Eds.). *Parasite communities: patterns and processes*. Dordrecht: **Springer Netherlands**, p. 157-195, 1990.

ALCANTARA, E. P.; C, GONÇALVES-SOUZA, JG, MORAIS, DH and ÁVILA, RW. Feeding ecology, reproductive biology, and parasitismo de *Gymnodactylus geckoides* Spix, 1825 from a Caatinga area in Northeastern Brazil. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 14, n. 3, p. 641-647, 2019.

ALMEIDA, W. O.; FREIRE, E. M. X.; LOPES, S. G. A new species of Pentastomida infecting *Tropidurus hispidus* (Squamata: Tropiduridae) from Caatinga in Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 199-203, 2008.

AMATO, J. F. R.; AMATO, S. B. Técnicas gerais para coleta e preparação de helmintos endoparasitos de aves. In: OLIVEIRA, V. (Ed.). **Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**. São Paulo: Instituto Butantan, p. 369-393, 2010.

ANDERSON, R. C.; CHABAUD, A. G.; WILLMOTT, S. (Eds.). Keys to the nematode parasites of vertebrates: archival volume. **Wallingford: Cabi**, 2009.

ARAUJO FILHO, J. A. et al. Influence of temporal variation and host condition on helminth abundance in the lizard *Tropidurus hispidus* from north-eastern Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 91, n. 3, p. 312-319, 2017.

ARAUJO-FILHO, J. A. et al. Using lizards to evaluate the influence of average abundance on the variance of endoparasites in semiarid areas: dispersion and assemblage structure. **Journal of Helminthology**, v. 94, p. 1-12, 2020.

ARNEBERG, P. et al. Host densities as determinants of abundance in parasite communities. **Proceedings of the Royal Society of London, Series B**, v. 265, p. 1283-1289, 1998.

ÁVILA, R. W.; DA SILVA, R. J. Helminths of lizards from the municipality of Aripuanã in the southern Amazon region of Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 87, n. 1, p. 12-16, 2013.

ÁVILA-PIRES, T. C. S. de. Lizards of brazilian amazonia (Reptilia: Squamata). **Zoologische verhandelingen**, 1995.

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

AZEVEDO, B. R. M.; PIGA, F. G.; RODRIGUES, T. C. S.; AZEVEDO, R. R. Análise temporal da cobertura da terra em unidade de conservação no município de São Luís, Maranhão, Brasil. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 209-230, 2020

BARRETO-LIMA, A. F.; TOLEDO, G. M.; ANJOS, L. A. The nematode community in the Atlantic rainforest lizard *Enyalius perditus* Jackson, 1978 from south-eastern Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 86, n. 4, p. 395-400, 2012.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. Ecology: from individuals to ecosystems. John Wiley & Sons, 2021.

BELL, G.; BURT, A. The comparative biology of parasite species diversity: internal helminths of freshwater fish. **The Journal of Animal Ecology**, p. 1047-1064, 1991.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 05 de outubro de 1988.

BRIAN, J. I.; ALDRIDGE, D. C. Factors at multiple scales drive parasite community structure. **Journal of Animal Ecology**, v. 92, n. 2, p. 377-390, 2023.

BRITO, S. V. et al. Phylogeny and microhabitats utilized by lizards determine the composition of their endoparasites in the semiarid Caatinga of northeast Brazil. **Parasitology Research**, v. 113, p. 3963-3972, 2014.

BRITO, S. V. et al. Spatial temporal variation of parasites in *Cnemidophorus ocellifer* (Teiidae) and *Tropidurus hispidus* and *Tropidurus semitaeniatus* (Tropiduridae) from Caatinga areas in northeastern Brazil. **Parasitology Research**, 2014.

BUDRIA, A.; CANDOLIN, U. How does human-induced environmental change influence host-parasite interactions? **Parasitology**, v. 141, n. 4, p. 462-474, 2013.

BRADLEY, C. A.; ALTIZER, S. Urbanization and the ecology of wildlife diseases. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, n. 2, p. 95-102, 2007.

CARLSON, C. J. et al. What would it take to describe the global diversity of parasites? **Proceedings of the Royal Society B**, v. 287, n. 1939, 20201841, 2020.

CARLSON, C. J. et al. Parasite biodiversity faces extinction and redistribution in a changing climate. **Science Advances**, v. 3, e1602422, 2017. doi:10.1126/sciadv.1602422.

CHABAUD, A. G. *Skrjabinelazia Sypliaxov* 1930 (= *Salobrella Freitas* 1940), genre de transition entre *Cosmocercidés* et *Spirurides*. **Annales de Parasitologie humaine et comparee**, v. 48, n. 2, p. 329-334, 1973.

CHABAUD, A. G.; BAIN, O.; POINAR Jr, G. O. *Skrjabinelazia galliardi* (Nematoda, Seuratoidea): compléments morphologiques et cycle biologique. **Annales de parasitologie humaine et comparée**, v. 63, n. 4, p. 278-284, 1988.

CHERVY, L. Manual for the study of tapeworms (Cestoda) parasitic in ray-finned fish, amphibians and reptiles. **Folia Parasitologica**, v. 71, 2024.

CIZAUSKAS, C. A. et al. Parasite vulnerability to climate change: an evidence-based functional trait approach. **Royal Society Open Science**, v. 4, 160535, 2017.

CLARKE, K. R.; SOMERFIELD, P. J.; GORLEY, R. N. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage.

**Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 366, n. 1-2, p. 56-69, 2008.

COMBES, C. *Parasitism: the Ecology and Evolution of Intimate Interactions*. Chicago: **University of Chicago Press**, 2001.

CONN, D. B. Life cycle and postembryonic development of *Oochoristica anolis* (Cyclophyllidea: Linstowiidae). **The Journal of parasitology**, p. 10-16, 1985.

COSTA, H. C.; BÉRNILS, R. S. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. **Herpetologia Brasileira**, v. 8, p. 11-57, 2018.

DA SILVA, T. A. A.; FRAGA, S. C. S. Alterações ambientais na APA do Itapiracó em São Luís–MA: composição e comportamento da avifauna local. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 795-805, 2019.

DOS SANTOS LOPES, M. J. et al. Impacto do desmatamento e queimas na biodiversidade invisível da Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 1, p. 1-14, 2023.

DRONEN, N. O.; CALHOUN, D. M.; SIMCIK, S. R. *Mesocoelium Odhner*, 1901 (Digenea: Mesocoelidae) revisited; a revision of the family and re-evaluation of species composition in the genus. **Zootaxa**, v. 3387, n. 12, p. 1-96, 2012.

DUNN, R. R. et al. The sixth mass coextinction: are most endangered species parasites and mutualists? **Proceedings of the Royal Society of London, Series B**, v. 276, p. 3037-3045, 2009.

ESCH, G. W.; BUSH, A. O.; AHO, J. M. (Eds.). *Parasite communities: patterns and processes*. London: **Chapman and Hall**, 1990. p. 1-19.

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

GIBSON, D. I.; JONES, A.; BRAY, R. A. (Eds.). Keys to the Trematoda: Volume 1. **Wallingford: CABI**, 2002.

GOATER, T. M.; ESCH, G. W.; BUSH, A. O. Helminth parasites of sympatric salamanders: ecological concepts at infracommunity, component and compound community levels. **American Midland Naturalist**, v. 118, p. 289-300, 1987.

GOLDBERG, S. R.; BURSEY, C. R.; VITT, L. J. Gastrointestinal nematodes of four species of *Gonatodes* (Squamata: Sphaerodactylidae) from Central and South America. **Comparative Parasitology**, v. 80, n. 1, p. 143-146, 2013.

GOLDBERG, S. R.; BURSEY, C. R. *Physaloptera retusa* (Nematoda, Physalopteridae) in naturally infected Sagebrush Lizards, *Sceloporus graciosus* (Iguanidae). **Journal of Wildlife Diseases**, v. 25, p. 425-429, 1989.

GÓMEZ, A.; NICHOLS, E. Neglected wild life: parasitic biodiversity as a conservation target. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 2, p. 222-227, 2013.

GONZÁLEZ, C. E. G.; HAMANN, M. I.; DURÉ, M. I. Nematodes of amphibians from the South American Chaco: distribution, host specificity and ecological aspects. **Diversity**, v. 13, n. 7, p. 321, 2021.

HICKMAN, J. L. The biology of *Oochoristica vacuolata* Hickman (Cestoda). **Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania** 97:81-104. 1963.

JONES, A.; BRAY, R. A.; GIBSON, D. I. (Eds.). Keys to the Trematoda (Vol. 2, p. 733). **Wallingford: CABI**, 2005.

KHALIL, Lotfi F.; JONES, Arlene; BRAY, Rodney A. *Keys to the Cestode Parasites of Vertebrates*. Wallingford: CABI, 1994.

KALYANASUNDARAM, A. et al. Molecular identification of *Physaloptera* sp. from wild northern bobwhite (*Colinus virginianus*) in the Rolling Plains ecoregion of Texas. **Parasitology Research**, v. 117, n. 9, p. 2963-2969, 2018.

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recurso Naturais - SEMA. Superintendência de Biodiversidade e Áreas Protegidas - SBAP. Análise técnica - Proposta de nova delimitação do Parque Estadual do Bacanga (2018) - São Luís - MA, Brasil. São Luís, MA.

KARR, J. T. Defining and measuring river health. **Freshwater Biology**, v. 41, p. 221-234, 1999.

KELLY, D. W. et al. Synergistic effects of glyphosate formulation and parasite infection on fish malformations and survival. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 2, p. 498-504, 2010.

LACERDA, G. M. C. et al. Checklist of parasites associated with reptiles in Northeast Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 97, e3, 2023.

LAFFERTY, K. D.; KURIS, A. M. How environmental stress affects the impacts of parasites. **Limnology and Oceanography**, v. 44, p. 925-931, 1999.

LAFFERTY, K. D.; KURIS, A. M. Parasitism and environmental disturbances. In: THOMAS, F.; RENAUD, F.; GUEGAN, J. (Eds.). **Parasitism and Ecosystems. Oxford: Oxford Academic**, p. 113-123, 2005.

LIMA, B. M. F. D.; KOHN, A. South American trematodes parasites of amphibians and reptiles, 2014.

LINDENFORS, P. et al. Parasite species richness in carnivores: effects of host body mass, latitude, geographical range and population density. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, n. 4, p. 496-509, 2007.

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. **Oxford: Blackwell Publishing**, p. 264, 2003.

MARCOGLIESE, D. J.; CONE, D. K. Myxozoan communities parasitizing *Notropis hudsonius* (Cyprinidae) at selected localities on the St. Lawrence River, Quebec: possible effects of urban effluents. **Journal of Parasitology**, v. 87, p. 951-956, 2001.

MARCOGLIESE, D. J. Food webs and biodiversity: are parasites the missing link. **Journal of Parasitology**, v. 89, n. 6, p. 106-113, 2003.

MARCOGLIESE, D. J. Parasites: small players with crucial roles in the ecological theater. **EcoHealth**, v. 1, p. 151-164, 2004.

MARIAUX, J.; BEVERIDGE, I. A new species of Oochoristica (Cyclophyllidea, Anoplocephalidae) from *Varanus albigularis* (Squamata, Varanidae) in Kenya. **Revue suisse de Zoologie**, v. 126, n. 2, p. 291-296, 2020.

MACKENZIE, K. Parasites as pollution indicators in marine ecosystems: a proposed early warning system. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, p. 955-959, 1999.

McCALLUM, H.; DOBSON, A. Disease, habitat fragmentation and conservation. **Proceedings of the Royal Society of London, Series B**, v. 269, p. 2041-2049, 2002.

MACARTHUR, R. M.; WILSON, E. O. The Theory of Island Biogeography. 30. ed. **New Jersey: Princeton University Press**, 2001.

MIRANDA, J. P.; RICCI-LOBÃO, A.; ROCHA, C. F. D. Influence of structural habitat use on the thermal ecology of *Gonatodes humeralis* (Squamata: Gekkonidae) from a transitional forest in Maranhão, Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 27, p. 35-39, 2010.

MIRANDA, J. P.; ANDRADE, G. V. Seasonality in diet, perch use, and reproduction of the gecko *Gonatodes humeralis* from eastern Brazilian Amazon. **Journal of Herpetology**, p. 433-438, 2003.

MORAND, S.; POULIN, R. Density, body mass and parasite species richness of terrestrial mammals. **Evolutionary Ecology**, v. 12, p. 717-727, 1998.

NACHEV, M.; SURES, B. Environmental parasitology: Parasites as accumulation bioindicators in the marine environment. **Journal of Sea Research**, v. 113, p. 45-50, 2016.

ODA, W. Y. Microhabitat utilization and population density of the lizard *Gonatodes humeralis* (Guichenot, 1855)(Reptilia: Squamata: Gekkonidae) in forest areas in

Manaus, Amazonas, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 3, n. 2, p. 165-177, 2008.

OLIVEIRA PINTO, R. et al. Behavioral repertoire of *Gonatodes humeralis* (Squamata, Sphaerodactylidae) from an urban area in northern Brazil. **North-Western Journal of Zoology**, v. 19, n. 1, 2023.

PEREIRA, F. B. et al. The relationship between nematode infections and ontogeny and diet of the lizard *Tropidurus torquatus* (Wied, 1820)(Squamata: Tropiduridae) from the Atlantic Rainforest in south-eastern Brazil. **Journal of helminthology**, v. 87, n. 3, p. 364-370, 2013.

PEREIRA, F. B.; SOUSA, B. M.; de SOUZA LIMA, S. Helminth community structure of *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) in a rocky outcrop area of Minas Gerais state, southeastern Brazil. **Journal of Parasitology**, v. 98, n. 1, p. 6-10, 2012.

PINTO, E.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, L. Perguntas e respostas sobre aquecimento global. **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia**, 2010.

POULIN, R. Phylogeny, ecology, and the richness of parasite communities in vertebrates: Ecological archives M065-001. **Ecological Monographs**, v. 65, n. 3, p. 283-302, 1995.

POULIN, Robert. Sexual inequalities in helminth infections: a cost of being a male?. **The American Naturalist**, v. 147, n. 2, p. 287-295, 1996.

POULIN, R. Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. **Parasitology**, v. 140, n. 4, p. 541-546, 2013.

RADWAN, M. A.; EL-GENDY, K. S.; GAD, A. F. Biomarker responses in terrestrial gastropods exposed to pollutants: A comprehensive review. **Chemosphere**, v. 257, 127218, 2020.

ROBERTS, M. L.; BUCHANAN, K. L.; EVANS, M. R. Testing the immunocompetence handicap hypothesis: a review of the evidence. **Animal Behaviour**, v. 68, p. 227–239, 2004.

ROCHA, V. M. et al. A Amazônia Frente Às Mudanças No Uso Da Terra E Do Clima Global E A Importância Das Áreas Protegidas Na Mitigação Dos Impactos: Um Estudo De Modelagem Numérica Da Atmosfera (The Amazon in the face of land cover and global climate changes...). **Acta geografica**, p. 31-48, 2012.

SANTOS, L. C. A; SEABRA, G. F.; CASTRO, C. E. de. GEOGRAFIA: Trabalho, Sociedade e Meio Ambiente. São Luís: **Eduema**, 2018.

SHEA, J. et al. The use of parasites as indicators of ecosystem health as compared to insects in freshwater lakes of the Inland Northwest. **Ecological Indicators**, v. 13, n. 1, p. 184-188, 2012.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, p. 137-152, 2005.

SPINELLI-ARAUJO, L. et al. Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais. **Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, 2016.

SURES, B. Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. **Trends in parasitology**, v. 20, n. 4, p. 170-177, 2004.

TEIXEIRA, A. A. M. et al. Helminths of the Lizard *Salvator merianae* (Squamata, Teiidae) in the Caatinga, Northeastern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 77, p. 312-317, 2017.

TEIXEIRA, A. A. M. et al. Parasitic infection patterns in *Coleodactylus meridionalis* (Squamata: Sphaerodactylidae) from Atlantic Forest fragments, northeast of the Neotropical Region. **Helminthologia**, v. 58, p. 356-363, 2021.

TURNER II, B. L. et al. Two types of global environmental change: definitional and spatial-scale issues in their human dimensions. **Global Environmental Change**, v. 1, p. 14–22, 1990.

UETZ, P. et al. (eds.). The Reptile Database. Disponível em: <http://www.reptile-database.org>. Acesso em: 23 jul. 2024.

VAN SLUYS, M. et al. Nematode infection in three sympatric lizards in an isolated fragment of resting habitat in southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 18, p. 442-446, 1997.

VICENTE, J. J. et al. Nematóides do Brasil III. Nematóides de Répteis. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 10, no. 1, p. 19-168, 1993.

VANZOLINI, P. E. Lagartos brasileiros da família Gekkonidae (Sauria). **Arquivos De Zoologia**, v. 17, n. 1, p. 1-84, 1968.

VIDAL-MARTÍNEZ, V. M.; WUNDERLICH, A. C. Parasites as bioindicators of environmental degradation in Latin America: a meta-analysis. **Journal of Helminthology**, v. 91, n. 2, p. 165-173, 2017.

ZANDER, C. D. et al. Parasite communities of the Salzhaff (Northwest Mecklenburg Baltic Sea) II Guild communities with special regard to snails, benthic crustaceans, and small-sized fish. **Parasitology Research**, v. 86, n. 5, p. 359-372, 2000.

ZAR, J. H. Biostatistical analysis. 6. ed. **New Jersey: Prentice Hall**. p. 944, 2014.