O QUE PARASITOS DE ANFÍBIOS NOS REVELAM SOBRE AS LACUNAS DE CONHECIMENTO EM BIODIVERSIDADE? O CASO DA SUPERFAMÍLIA BRACHYCEPHALOIDEA

Willison do Carmo Costa[1]; Davor Vrcibradic[1]; Luciano A. dos Anjos[2]

1- Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO);
2- Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista/UNESP.

Apoio Financeiro: CAPES; FAPERJ.

RESUMO:
Devido aos seus modos de vida complexos, anfíbios são bons modelos para o estudo de interações parasito-hospedeiro. Contudo, há pouca compreensão em como variações ontológicas e ecológicas influenciam nas comunidades parasitárias em anuros com ciclo de vida direto. Este trabalho é uma revisão bibliográfica que compara, pela primeira vez, os parâmetros parasitários da helmintofauna da superfamília Brachycephaloidea na América do Sul. As maiores riquezas parasitárias foram apresentadas, respectivamente, pelas famílias Strabomantidae, Craugastoridae, Brachycephalidae e Eleutherodactylidae no Brasil, Peru e Equador. As comunidades de parasitos deste estudos são generalistas e compostas, majoritariamente, por nematódeos, o que é um padrão geral para anuros. No entanto, a presença de *Ophiotaenia* sp. e *Spirometra* sp são inesperadas, pois ambas espécies completam parte de seu ciclo de vida em um hospedeiro intermediário aquático, o que enfatiza as lacunas do conhecimento científico quanto aos ciclos de vida parasitários e sua relação com a ecologia dos hospedeiros.

Palavras-chave: *Cosmocerca*; Parasitismo; Nematoda.

INTRODUÇÃO:
Anfíbios são considerados bons modelos para estudos de comunidades parasitárias devido ao seu modo de vida, que os permite ocupar diversos habitats e microhabitats em ambientes aquáticos e terrestres, possibilitando a interação com diferentes espécies parasitárias (Laudet, 2011, Koprivnikar, 2012). No entanto, ainda há muitas lacunas no entendimento de como a variação de certos atributos, tais como dieta, tamanho corporal, sexo, idade, história evolutiva e tipo de ambiente em que vivem selecionam as espécies que formam as comunidades de organismos que parasitam esses animais (Aguiar et al., 2020).

A respeito de sua ecologia reprodutiva, anfíbios anuros são conhecidos por seu ciclo de vida que, na maioria dos casos, é dividido em uma fase aquática pré-metamórfica, e a fase pós-metamórfica, na qual o indivíduo amadurece sexualmente (Laudet, 2011). As exceções são os anuros de desenvolvimento direto, cuja fase larval ocorre ainda dentro do ovo e não depende da água. Acredita-se que essa estratégia reprodutiva evoluiu independentemente pelo menos 10 vezes entre os anuros, incluindo mais de uma vez em algumas linhagens (Crump, 2015), e hoje possui representantes mesmo em famílias cujo ciclo de vida predominante é o indireto (e.g. Arthroleptidae, Bufonidae, Microhylidae, Myobatrachidae, Ranidae, Rhacophoridae e Sooglossidae) (Frost, 2023). O clado cuja riqueza e diversidade melhor representam o sucesso evolutivo do ciclo de vida direto para os anuros é a superfamília Brachycephaloidea (= Terrarana), um grupo monofilético contendo mais de 1200 espécies (14,31% da anurofauna mundial) atualmente agrupadas em cinco famílias: Brachycephalidae (78 spp.). Ceuthomantidae (4 spp.), Craugastoridae (129 spp.), Eleutherodactylidae (240 spp.) e Strabomantidae (787 spp.) (Goldberg & Candioti, 2015; Frost, 2023),

distribuídas do sudeste dos Estados Unidos ao nordeste da Argentina. Com exceção de uma espécie ovovivípara possivelmente extinta, *Eleutherodactylus jasperi* (Drewry & Jones, 1976), todas as espécies dessa superfamília reproduzem-se em ambientes terrestres, onde depositam seus ovos, que eclodem dando origem a juvenis pós-metamórficos (Hedges et al., 2008; Padial et al., 2014). Existem alguns estudos acerca da helmintofauna associada a anuros da superfamília Brachycephaloidea (Campião et al., 2014), mas nenhum deles comparou parâmetros gerais das comunidades parasitárias do grupo como um todo.

OBJETIVOS:

Esta revisão propõe-se a compilar os dados acerca do parasitismo por helmintos em anfíbios da Superfamília Brachycephaloidea até o ano de 2023 na América do Sul, tendo como principal base as informações já publicadas por Campião et al. (2014) em um checklist dos helmintos parasitos de anfíbios na América do Sul, a fim de identificar padrões de riqueza e diversidade das espécies que parasitam os anuros deste grupo e compará-las com os aqueles que passam pelo estágio de vida aquático.

METODOLOGIA:

Os registros foram acessados através dos websites Web of science, Scopus e Scielo; as seguintes palavras-chave (assim como, quando possível, suas variações no plural, singular, inglês e português) foram utilizadas para a busca de artigos: “parasite”, “helminth”, “anura”, “frog” e os nomes dos países sul-americanos em inglês. Dados não publicados como monografias, dissertações e teses não foram incluídos. A taxonomia de helmintos segue Amin (1985) para Acanthocephala, Anderson et al. (2009) para Nematoda e Khalil et al. (1994) para Cestoda. A taxonomia dos hospedeiros segue Frost (2023). As abreviações dos estados/províncias nesta revisão são: Brasil: São Paulo (SP), Ceará (CE), Rio de Janeiro (RJ), Paraná (PR); Equador: Santa Cecilia (SCE), San Pablo (SPB); Peru: Cuzco (CU), Ucayali (UC).

RESULTADOS:

Quatro das cinco famílias de Brachycephaloidea tiveram algum estudo publicado sobre a sua helmintofauna, com exceção de Ceuthomantidae (Tabela 1). Das 36 espécies de helmintos registradas para esses anuros, a maioria (31 espécies) pertencia ao filo Nematoda. Também foram registrados 2 acantocéfalos e 2 platelmintos cestódeos, sendo um em estágio larval (*Spirometra* sp.) e um em estágio adulto (*Ophiotaenia* sp.), ambos infectando o intestino delgado de seus hospedeiros.

Strabomantidae foi a família com o maior número de helmintos registrados, contando com 24 helmintos infectando doze espécies dos gêneros *Pristimantis* (10 spp.) e *Oreobates* (2 spp.). Para a família Craugastoridae, os registros somam pelo menos 17 helmintos, sendo 16 parasitos registrados para *Haddadus binotatus* e um para *Craugastor gollmeri*. Os helmintos registrados para a família Brachychephalidae também se concentraram, em maioria, em uma espécie, *Ischnocnema guentheri*, com um total de 7 nematódeos, enquanto *Ischnocnema parva* e *Brachycephalus pernix* foram infectados por 2 e 1 espécies de parasito, respectivamente. Na família Eleutherodactylidae, somente *Adelophryne maranguapensis* possuia registros parasitológicos, tendo sido essa espécie reportada como hospedeira para apenas duas espécies: *Aplectana* sp. e *Physaloptera* sp.

Somente 30,3% das espécies de helmintos foram registrados em mais de um hospedeiro da superfamília Brachycephaloidea (*Cosmocerca brasiliensis*, *C. parva*, *Aplectana sp*., *A. pintoi*, *Falcaustra mascula*. *Ochoterenella sp*., *Oswaldocruzia subauricularis*, *Physaloptera* sp., *Rhabdias* sp., e o cestódeo *Spiroxys* sp.). No entanto, sabe-se que parasitos destes gêneros são generalistas e ocorrem em diversos outros grupos de anfíbios (Campião et al., 2014). Porém, a maioria desses registros foi obtida com base em trabalhos de caráter taxonômico (e.g. Walton, 1935; Dyer & Altig:, 1977; Vicente et al., 1991; Ben Slimane & Durette-Desset, 1996; Campião et al., 2014), então, é possível que trabalhos direcionados à descrição de espécies tenham excluído de seus resultados os demais componentes da comunidade parasitária, bem

como utilizado um baixo número amostral de hospedeiros, o que explicaria a pouca frequência de co-ocorrências de endoparasitos (Campião et al., 2015; Poulin, 2019).

Helmintos geralmente infectam anuros utilizando hospedeiros intermediários ou penetrando diretamente no corpo do hospedeiro definitivo (Anderson, 2000). O sucesso da estratégia de infecção depende de como o hospedeiro interage com o ecossistema, ou seja, espera-se que parasitos cujo ciclo de vida depende de água infectem, majoritariamente, anuros que vivem em ambientes aquáticos ou que dependem deles para se reproduzir (Guillén-Hernández et al., 2000). O registro de *Spirometra* sp. infectando *Pristimantis nephophilus* e *P. rhodostichus* e de *Ophiotaenia* sp. infectando *Brachycephalus pernix* são particularmente intrigantes, pois o estágio inicial do ciclo de vida desses cestódeos depende de um hospedeiro aquático (Cheng et al., 2008; Gomez-Puerta et al., 2011; Ribeiro et al., 2014; Oda et al., 2016;).

A falta de estudos sobre a helmintofauna de espécies da família Ceuthomantidae pode estar associada à sua riqueza e distribuição muito reduzidas, quando comparadas às outras famílias do grupo Terrarrana (Mora et al., 2011; Frost, 2023). Por outro lado, embora as famílias Strabomantidae, Craugastoridae e Eleutherodactylidae tenham ampla distribuição na América do Sul e Central, além de populações invasoras de certas espécies de Eleutherodactylidae na Europa, África, Ásia, Oceania e ilhas do Pacífico (AmphibiaWeb 2023), o conhecimento sobre o parasitismo destes grupos se limitam a um baixo número de espécies hospedeiras (se comparado com a riqueza total de cada família e a amplitude de sua distribuição geográfica) amostradas no Brasil, Peru e Equador.

Apesar dos avanços no estudo da ecologia do parasitismo, conhecer o ciclo de vida dos parasitos e a influência destes na comunidade hospedeira ainda é um desafio, como mostram os diversos parasitos que foram identificados somente ao nível de gênero ou família (principalmente no caso de indivíduos em estágio larval). Corroborando com uma crítica elaborada por Poulin (2019), os resultados desta revisão apresentaram baixa resolução taxonômica para os taxons que compõem a comunidade componente de hospedeiros anuros. O autor aponta que espécies não identificadas são frequentemente excluídas dos trabalhos sobre parasitismo, gerando um viés nas estimativas de diversidade das comunidades componentes, como é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1. Lista da relação hospedeiro-parasito.

Anura	**Filo**	**Endoparasito**	**Referências**
Brahycephalidae			
Ischnocnema guentheri	**Nematoda**	*Aplectana pintoi*	Vicente et al. (1991)
		Aplectana vellardi	Vicente et al. (1991); Martins and Fabio (2005)
		Cosmocerca brasiliense	Vicente et al. (1991); Martins and Fabio (2005)
		Falcaustra mascula	Martins & Fabio (2005)
		Oxyascaris oxyascaris	Martins & Fabio (2005)
		Rhabdias fuelleborni	Martins & Fabio (2005)
		Schulzia subventriculosa	Vicente et al. (1991)
Ischnocnema parva	**Nematoda**	*Aplectana membranosa*	Martins & Fabio (2005)
		Falcaustra mascula	Martins & Fabio (2005)

Brachycephalus pernix	**Cestoda**	*Ophiotaenia* sp.	Ribeiro et al., 2014
Craugastoridae			
Craugastor gollmeri	**Nematoda**	*Oswaldocruzia subauricularis*	Walton (1935)
Haddadus binotatus	**Acanthocephala**	*Pseudoacanthocephalus lutzi*	Aguiar et al., 2020
		Acanthocephala indeterminado	Aguiar et al., 2020
	Nematoda		
		Cosmocerca parva	Aguiar et al., 2020
		Cosmocercidae gen. sp. 1	Aguiar et al., 2020
		Cosmocercidae gen. sp. 2	Aguiar et al., 2020
		Cosmocercidae gen. sp. 3	Aguiar et al., 2020
		Cosmocercidae gen. sp. 4	Aguiar et al., 2020
		Oswaldocruzia subauricularis	Aguiar et al., 2020
		Aplectana sp.	Travassos (1925)
		Nematoda indeterminado	Aguiar et al., 2020
		Ochoterenella sp.	Aguiar et al., 2020
		Oxyascaris sp.	Aguiar et al., 2020
		Rhabdias sp.	Aguiar et al., 2020
Eleutherodactylidae			
Adelophryne maranguapensis	**Nematoda**	*Aplectana* sp.	De Oliveira et al., 2022
		Physaloptera sp.	De Oliveira et al., 2022
Strabomantidae			
Oreobates cruralis	**Nematoda**	*Cosmocerca brasiliense*	Bursey et al. (2001)
		Physaloptera sp.	Bursey et al. (2001)
Oreobates quixensis	**Nematoda**	*Cosmocerca brasiliense*	Dyer & Altig (1976), Bursey et al. (2001)
		Cosmocerca parva	McAllister et al. (2010c)
Pristimantis altamazonicus	**Nematoda**	*Cosmocerca brasiliense*	Dyer & Altig (1977)

		Oswaldocruzia proencai	Dyer & Altig (1977)
		Oswaldocruzia tcheprakovae	Ben Slimane & Durette-Desset (1996b)
Pristimantis chiastonotus	**Nematoda**	*Rhabdias waiapi*	Tavares-Costa et al., 2022
		Rhabdias sp.	Kuzmin et al., 2015
Pristimantis fenestratus	**Nematoda**	*Cosmocerca brasiliense*	Bursey et al. (2001)
		Cosmocerca parva	Bursey et al. (2001)
		Oswaldocruzia lopesi	Bursey et al. (2001)
		Physalopteroides venancioi	Bursey et al. (2001)
		Physaloptera sp.	Bursey et al. (2001)
Pristimantis imitatrix	**Nematoda**	*Cosmocerca podicipinus*	Bursey et al. (2001)
Pristimantis lanthanites	**Nematoda**	*Oswaldocruzia cassonei*	Ben Slimane & Durette-Desset (1996b)
		Cosmocerca brasiliense	Dyer & Altig (1977)
Pristimantis nephophilus	**Cestoda**	*Spirometra* sp.	Gomez-Puerta et al., 2011
Pristimantis peruvianus	**Nematoda**	*Cosmocerca brasiliense*	Bursey et al. (2001)
Pristimantis rhodostichus	**Cestoda**	Spirometra sp.	Gomez-Puerta et al., 2011
Pristimantis toftae	**Nematoda**	*Cosmocerca parva*	
		Ascarididae indeterminado	De Oliveira et al., 2022
		Parapharyngodon sp.	De Oliveira et al., 2022
Pristimantis sp.	**Nematoda**	*Cosmocerca brasiliense*	

CONCLUSÕES:

As maiores riquezas parasitárias foram apresentadas, em ordem decrescente, pelas famílias Strabomantidae, Craugastoridae, Brachycephalidae e Eleutherodactylidae, cujas espécies foram amostradas no Brasil, Peru e Equador. A família Strabomantidae apresentou o maior número de hospedeiros estudados (12 espécies), enquanto para Eleutherodactylidae foi registrado apenas um hospedeiro, *Adelophryne maranguapensis*, infectado por nematódeos generalistas do gênero *Aplectana* e *Physaloptera*. A co-ocorrência da mesma espécie de parasito em múltiplos hospedeiros foi baixa, provavelmente devido ao viés taxonômico da maior parte das publicações, que por se dedicarem a descrição de espécies de nematódeos, podem ter incluído nos estudos apenas as espécies de interesse, bem como coletado um número baixo de hospedeiros. Como esperado, as comunidades componentes de parasitos dos anuros de desenvolvimento direto são generalistas e compostas majoritariamente por nematódeos, com destaque para membros da família Cosmocercidae. No entanto, devido à ecologia dos hospedeiros e a dependência de um hospedeiro intermediário aquático em seu ciclo de vida, a presença de

Ophiotaenia sp. e *Spirometra* sp. em *Brachycephalus pernix* e *Pristimantis nephophilus*, respectivamente, são inesperadas, o que enfatiza as lacunas do conhecimento científico quanto à distribuição e ao ciclo de vida dos endoparasitos helmintos de anuros e sua influência nesses hospedeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGUIAR, A. et al. Can differences between continental and insular habitats influence the parasites communities associated with the endemic frog *Haddadus binotatus*?. J**ournal of Helminthology.** v. 94, p. e178, 2020.

AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. 2023. Berkeley, California: **AmphibiaWeb**. Disponível em: https://amphibiaweb.org/. Acesso em: 05/08/2023.

ANDERSON, R. C. **Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission**. 2nd ed. Wallingford, Oxon, UK ; New York, NY: CABI Pub, 2000.

BEN SLIMANE, B. ; DURETTE-DESSET, M. C. New *Oswaldocruzia* (Nematoda, Trichostrongylina, Molineoidea) parasites of amphibians from French Guyana and Ecuador. **Miscellània Zoològica**, p. 55-66, 1996a.

BEN SLIMANE, B.; DURETTE-DESSET, M. C. Four new species of *Oswaldocruzia* (Nematoda: Trichostrongylina, Molineoidea) Parasitizing amphibians and lizards from Ecuador. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 91, n. 3, p. 317–328, 1996b.

BURSEY, C. R.; GOLDBERG, S. R.; PARMELEE, J. R. Gastrointestinal helminths of 51 species of anurans from Reserva Cuzco Amazónico, Peru. **Comparative Parasitology**, v. 68, n. 1, p. 21-35, 2001.

BURSEY, C. R.; GOLDBERG, S. R.; PARMELEE, J. R. Gastrointestinal helminths from 13 species of lizards from Reserva Cuzco Amazónico, Peru. **Comparative Parasitology**, v. 72, n. 1, p. 50-68, 2005.

CAMPIÃO, K. M. et al. Checklist of Helminth parasites of Amphibians from South America. **Zootaxa**, v. 3843, n. 1, p. 93, 2014.

CHENG, G.; WU, Z.; LIN, Y. The experimental development of *Ophiotaenia monnigi* Fuhrmann, 1924 in *Cyclops leuckarti*. **Parasitology Research**, v. 102, n. 4, p. 791–794, 2008.

CRUMP, M. L. Anuran reproductive modes: evolving perspectives. **Journal of Herpetology**, v. 49, n. 1, p. 1-16, 2015.

DE OLIVEIRA et al. Endoparasites of *Adelophryne maranguapensis* Hoogmoed, Borges & Cascon, 1994 (Anura, Eleutherodactylidae), an endemic and threatened species from an altitude swamp in northeastern Brazil. **Parasitology Research**, v. 121, n. 3, p. 1053-1057, 2022.

DYER, W. G.; ALTIG, R. Redescription of Cosmocerca brasiliensis Travassos 1925 (Nematoda: Cosmocercidae) from Ecuadorian frogs. **The Journal of Parasitology**, p. 262-264, 1976.

DYER, W. G.; ALTIG, R. Helminths of some Ecuadorian anurans. **Herpetologica**, p. 293-296, 1977.

FROST, D. R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. Disponível em: https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php. **American Museum of Natural History**. New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001. Acesso em: 05/08/2023.

GOLDBERG, J.; CANDIOTI, F. V.. A tale of a tail: variation during the early ontogeny of Haddadus binotatus (Brachycephaloidea: Craugastoridae) as compared with other direct developers. **Journal of Herpetology**, v. 49, n. 3, p. 479-484, 2015.

GOMEZ-PUERTA, L. A. et al. Infestación por esparganos en ranas del genero *Pristimantis* (Anura, Strabomantidae) del Perú. **Revista Peruana de Biología**, v. 17, n. 2, p. 265–266, 2011.

GUILLÉN-HERNÁNDEZ, S.; SALGADO-MALDONADO, G.; LAMOTHE-ARGUMEDO, R. Digeneans (Plathelminthes: Trematoda) of seven sympatric species of anurans from Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 35, n. 1, p. 10–13, 2000.

HEDGES, S. B.; DUELLMAN, W. E.; HEINICKE, M. P. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. **Zootaxa**, v. 1737, n. 1, p. 1–182-1–182, 2008.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2021. *Eleutherodactylus jasperi*. **The IUCN Red List of Threatened Species 2021**: e.T7142A172793582. Disponível em: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T7142A172793582.en. Accesso em 05/08/2023.

KUZMIN, Y.; DU PREEZ, L. H..; JUNKER, Kerstin. Some nematodes of the genus Rhabdias Stiles et Hassall, 1905 (Nematoda: Rhabdiasidae) parasitising amphibians in French Guiana. **Folia parasitologica**. 62: 031. 2015.

LAUDET, V. The origins and evolution of vertebrate metamorphosis. **Current Biology**, v. 21, n. 18, p. R726-R737, 2011.

LIU, Q. et al. Human sparganosis, a neglected food borne zoonosis. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 15, n. 10, p. 1226–1235. 2015.

MARTINS, A. N.; FABIO, S. P. Parasitismo por nematóides em populações simpátricas de Eleutherodactylus parvus (Girard, 1853) e Eleutherodactylus guentheri (Steindachner, 1864)-(Anura: Leptodactylidae). **Acta Biol Leopol**, v. 27, p. 47-50, 2005.

MCALLISTER, C. T.; BURSEY, C. R.; FREED, P. S. Helminth parasites of amphibians and reptiles from the Ucayali region, Peru. **Journal of Parasitology**, v. 96, n. 2, p. 444-447, 2010c.

MORA, C. et al. How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? **PLoS Biology**, v. 9, n. 8, p. e1001127, 2011.

ODA, F. H. et al. Parasitism by larval tapeworms genus *Spirometra* in South American amphibians and reptiles: new records from Brazil and Uruguay, and a review of current knowledge in the region. **Acta Tropica**, v. 164, p. 150–164, 2016.

OPUNI, E. K.; MULLER, R. L. Studies on *Spirometra theileri* (Baer, 1925) n. comb. 1. Identification and biology in the laboratory. **Journal of Helminthology**, v. 48, n. 1, p. 15–23, 1974.

PADIAL, J. M.; GRANT, T.; FROST, D. R. Molecular systematics of terraranas (Anura: Brachycephaloidea) with an assessment of the effects of alignment and optimality criteria. **Zootaxa**, v. 3825, n. 1, p. 1–132-1–132, 2014.

POULIN, R. Best practice guidelines for studies of parasite community ecology. **Journal of Helminthology**, v. 93, n. 1, p. 8–11, 2019.

TAVARES-COSTA et al. A new species of Rhabdias (Nematoda: Rhabdiasidae), a lung parasite of Pristimantis chiastonotus (Anura: Strabomantidae) from the Brazilian Amazon: description and phylogenetic analyses. **Parasitology Research**, v. 121, n. 1, p. 155-166, 2022.

TRAVASSOS, L. Contribuições para o conhecimento da fauna helmintológica dos batráchios do Brasil. Nematódeos intestinais. **Sciencia Medica**, 3 (1), 673–687, 1925.

VICENTE, J. J. L. et al. Nematóides do Brasil 2ª parte: nematóides de anfíbios. v. 7, n. 4, 1991.

http://dx.doi.org/10.2307/3271792

WALTON, A. C. The Nematoda as parasites of Amphibia. II. **The Journal of Parasitology**, v. 21, n. 1, p. 27-50, 1935.