

Revista da

Biologia

Volume 17(2)

Janeiro 2017

ib.usp.br/revista



Biodiversidade e Conservação



Revista da Biologia

Publica textos de todas as áreas da Biologia, abordando questões gerais (ensaios, revisões e comentários) e específicas (artigos experimentais originais, descrição de técnicas e resumos expandidos).

Há espaço também para perspectivas pessoais sobre questões biológicas com relevância social e política (opinião).

A Revista da Biologia é gratuita e exclusivamente on-line. Sua reprodução é permitida para fins não comerciais.

ISSN1984-5154

www.ib.usp.br/revista

Contato

revistadabiologia@gmail.com

Revista da Biologia

Rua do Matão, trav. 14, 321
Cidade Universitária, São Paulo
São Paulo, SP Brasil
CEP 05508-090

Volume 17(2)

Publicado em Janeiro de 2017

Expediente do volume

Editor Executivo

Gilberto Xavier

Editores

Arthur S. C. França

Bryan Souza

Daniela Soltys

Renato Massaaki Honji

Rodrigo Pavão

Editor convidado

Davidson Sodré

Editor de Seção

Francisco Vasconcelos

Daniel Lahr

Consultores científicos

Carolina de Lima Jorge

Danielle Moreira

Danyhelton Farias Dantas



Ilustrações da capa: Davidson Sodré

Volume 17(2)

Índice

- Why implement measures to conserve the diversity of Elasmobranchs?
The case of the northern coast of Brazil** **1**
Conservation of Elasmobranchs off the northern coast of Brazil
*Romário Gemaque, Iann Leonardo Pinheiro Monteiro, Fernanda Gomes, Davidson Sodré,
Iracilda Sampaio, João Bráullio de Luna Sales and Luis Fernando da Silva Rodrigues Filho*
- Occurrence of *Ergasilus versicolor* (Copepoda: Ergasilidae) in *Mugil gaimardianus* (Osteichthyes: Perciformes) from the estuarine area of Bragança, Pará, Brazil** **8**
Ergasilus versicolor and *Mugil gaimardianus*
*Arthur Felipe Lima dos Santos, Daniel Guerreiro Diniz, Ricardo Massato Takemoto,
Carina Caroline Silva França and Rodrigo Yudi Fujimoto*
- Caracterização de flebotomíneos em bairros de Sobral, Ceará** **12**
Phlebotomine sand flies characterization in Sobral's neighborhoods, State of Ceará
*Antonio Carlos Silva Silvino, Késsia Bezerra Silva, Lucas Christian de Sousa-Paula,
Raimundo Vieira Dias e Petronio Emanuel Timbó Braga*
- Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do Rio Paraíba do Sul** **24**
Biodiversity and conservation of threatened ichthyofauna of the Paraíba do Sul river basin
*Renato Massaaki Honji, Carlos Eduardo Tolussi, Danilo Caneppele,
Carla Natacha Marcolino Polaz, Alexandre Wagner Silva Hilsdorf e Renata Guimarães Moreira*
- Distribution and identification of the genus *Biomphalaria* Preston (1910): important insights into the epidemiology of Schistosomiasis in the Amazon Region.** **37**
Distribution and identification of the genus *Biomphalaria* Preston, 1910
*Tatiane Alencar Lopes, Stella Yasmin Lima Nobushige, Ana Paula Santos Silva,
Christiane de Oliveira Goveia, Martin Johannes Enk, Iracilda Sampaio, João Bráulio de Luna Sales e Luis Fernando da Silva Rodrigues Filho*

Why implement measures to conserve the diversity of Elasmobranchs? The case of the northern coast of Brazil

Conservation of Elasmobranchs off the northern coast of Brazil

Romário Gemaque¹, Iann Leonardo Pinheiro Monteiro¹, Fernanda Gomes², Davidson Sodré³, Iracilda Sampaio², João Braúllio de Luna Sales^{4,*} and Luis Fernando da Silva Rodrigues Filho⁵

¹Faculdade de Castanhal (FCAT), Castanhal, Pará, Brazil.

²Universidade Federal do Pará, Bragança, Pará, Brazil.

³Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, Pará, Brazil.

⁴Universidade Federal do Pará, Marajó-Breves, Pará, Brazil.

⁵Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, Pará, Brazil.

*Contato: braullio@ufpa.br

Abstract. The subclass Elasmobranchii, is a group of fish that has raised increasing concerns from a conservation perspective in recent years. The complex biology and reproductive modes of the elasmobranchs contribute to their vulnerability to overfishing. The fisheries that target elasmobranchs have intensified their activities in recent years, impacting their populations on a global scale. In this context, studies in Brazil have led to the inclusion of many elasmobranchs in the list of endangered species, in particular the endemic species in the northern region of the country. The review of the available data aims to analyze the conservation status of the elasmobranch species found in Brazil and the importance of the research techniques that may contribute to the conservation of their stocks.

Keywords. *Elasmobranchii; conservation; threatened species; fishery; stocks*

Recebido: 06jun16

Aceito: 21nov16

Publicado: 07fev17

Editado por

Francisco

Vasconcelos e

revisado por

Anônimo

Supplementary material available at: http://www.ib.usp.br/revista/system/files/Gemaque_et_al_Supp_1.pdf

Introdução

The biodiversity and commercial exploitation of sharks and rays

Sharks and rays are members of the subclass Elasmobranchii Bonaparte, 1838, and are found in the tropical, subtropical, temperate and cold waters of all entire world's seas and oceans, inhabiting both offshore and coastal areas in pelagic, demersal, reef and estuarine environments, and even in freshwater habitats (Compagno, 1984). However, data on the biology of the elasmobranchs are scant for some regions, such as the Southwestern Atlantic, where the populations of even critically endangered species are still captured by commercial fisheries, as well as being sold in local fish markets (Tavares et al., 2013; Palmeira et al., 2013).

The verification lists of the diversity of species of the class Chondrichthyes (Huxley, 1880), which includes the Elasmobranchii, vary considerably around the world, and are based on the available data, which often leads to misinterpretations and inconsistencies in the listings of valid species (Last and Séret, 2016; Last et al., 2016a; Last et al., 2016b). Given these considerations, a scientific review of the group was conducted, based on recent data on the taxonomic diversity, geographic distribution, and the depth of the waters inhabited by these species. By November 7th 2015, a total of 1139 species of elasmobranch had been catalogued (Figure 1A), representing 15 orders, 58 families, and 193 genera. This new listing includes nine orders, 34 families, 105 genera and 509 species of shark, and six orders, 24 families, 88 genera and 630 species of ray. The species that are currently being described were not considered valid for this inventory (Weigmann, 2016).

Recently, data on the diversity of the marine chondrichthians that occur in Brazil has been updated (Rosa and Gadig, 2014) (Figure 1B), and concluded that the subclass Elasmobranchii is represented by 11 orders, 33 families, 75 genera and 159 species, six orders, 22 families, 43 genera, and 89 species represented by Sharks, while the rays are classified in five orders, 11 families, 32 genera, and 70 species. Overall, 49 of these 159 elasmobranch species are included in one of the three principal threatened categories of the IUCN, i.e., Critically Endangered, Endangered and Vulnerable (Figure 2A: Supplementary Table 1). The Brazilian Environment Ministry (IBAMA ordinance number 445 of December 17, 2014) classifies 53 of these species in one of the threatened categories. In addition to this large number of threatened species, there are a relatively large number of species (50 according to the IUCN

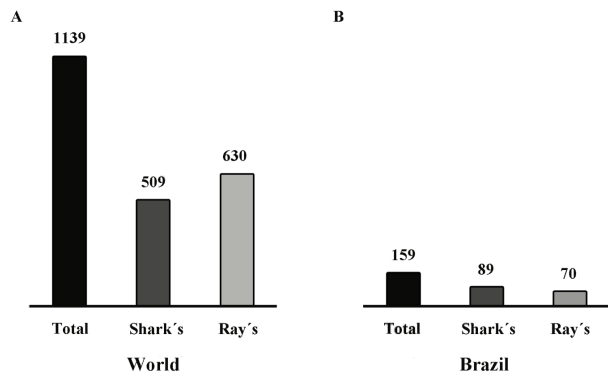


Figure 1. Diversity of the Elasmobranchii in the world (A) and in Brazil (B), based on Rosa and Gadig (2014) and Weigmann (2016).

and 48 in the IBAMA classification) in the Data Deficient category, that is, almost a third of all the species occurring the coast of Brazil (Figure 2; Supplementary Table 1).

In general, the elasmobranchs have complex biological and reproductive characteristics that make them vulnerable to overfishing, such as a long life cycle, late sexual maturation, and low fecundity (production of few offspring), which combine to produce relatively low rates of population growth (Musick, 1998; Camhi et al., 1998). This limits population growth and the recovery of stocks (Vooren and Klippel, 2005).

The fishing of sharks and rays has always been a common practice of coastal populations throughout most of the world (Figure 3). In addition to the meat, certain sub-products of the animal are also used, primarily as a source of nutrients. Over the past few decades, however, the demand for shark meat and its sub-products (principally, fins) has become a global phenomenon, and the fishing of elasmobranchs, which was once largely accidental or opportunistic, has become the primary objective of

many fisheries (Séret, 2006).

According to the United Nations' Food and Agriculture Organization (FAO), catches of chondrichthians peaked globally in 2003, but declined approximately 20% over the subsequent decade (Davidson et al., 2015). This decline in stocks was linked directly to increasing pressure from fisheries. The countries that experienced the greatest reduction in catches, such as Pakistan, Sri Lanka, and Thailand, export large quantities of ray and shark meat, due to the relatively large populations of their coastal cities (Davidson, et al., 2015).

A large international market now exists for shark fins, which stimulates the practice of finning, in which the sharks are mutilated at sea and thrown back into the water with no chance of survival (Szpilman, 2004; Kotas et al., 2005). Shark fins are now a major global commodity, destined for markets in Asian countries, stimulating the establishment of specialized fisheries (Lessa et al., 2005; Clarke et al., 2006). In Brazil, however, elasmobranchs are still mostly captured as bycatch (non-intentionally) by industrial fisheries and are targeted specifically only by some traditional fishing communities (Lessa et al., 2005; Rodrigues-Filho, 2012).

Shark fin soup is a common dish in many Asian countries, where it is widely believed to have aphrodisiac powers (Séret, 2006). It is important to note that, whatever the ultimate application of the shark fins, the trade in this item generates billions of dollars in worldwide trade (Séret, 2006). While "dogfish" (shark) costs US\$10 per kilogram, on average, on the international market, a kilogram of shark fin may reach US\$ 500. These prices have stimulated an increase in shark fishing throughout the world, resulting in a drastic decline in the stocks of some species, which have been brought to the brink of extinction (Serét, 2006). Following the deliberate and unregulated exploitation of these fish on a global scale, the stocks of a number of species have declined by up to 97% in some regions (Séret, 2006).

The commercial exploitation of elasmobranchs is not restricted solely to the marine species, however. The elasmobranch that inhabit exclusively freshwater environments such as Potamotrygonidae family, are also commonly marketed (Compagno and Cook, 1995; Charvet-Almeida, 2001; Lasso et al, 2014; Almeida et al., 2009). The members of this family are taxonomically complex, and are currently classified in four genera – the monotypic *Paratrygon* Duméril, 1865, two genera (*Plesiopygon* Rosa, Castello and Thorson, 1987 and *Heliotrygon*

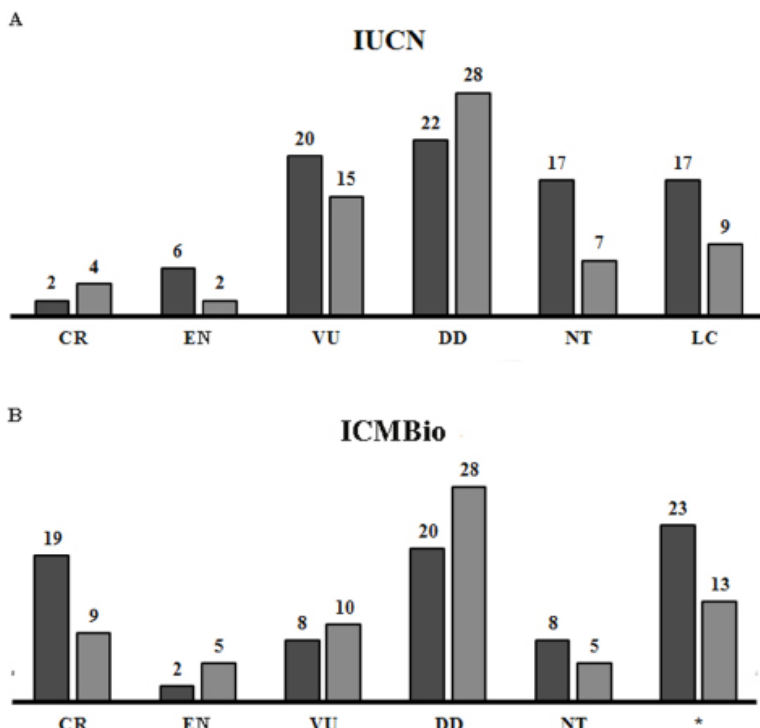


Figure 2. Conservation status of the Brazilian elasmobranch species (Rosa and Gadig, 2014) according to (A) IUCN and (B) ICMBio (ordinance number 445 of December 17 2014). The following categories are used: Not Evaluated (NE), Data Deficient (DD), Least Concern (LC), Near Threatened (NT), Vulnerable (VU), Endangered (EN), Critically Endangered (CR), Extinct in the Wild (EW), Extinct (EX) and (*) Species with no information.

Carvalho and Lovejoy, 2011) that each have two species, and the polyspecific *Potamotrygon* Garman, 1877 (Rosa et al., 2010; Lasso et al., 2014). The most diverse group of potamotrygonids is found in the Amazon region, where these stingrays have long been considered, in particular by riverside populations, as an important source of food (Charvet-Almeida, 2001; Almeida et al., 2009), although the larger species, such as *Paratrygon aiereba* and *Potamotrygon motoro*, are fished in the Negro and Amazon basins for export to markets in southeastern Brazil (Araújo et al., 2005). In the estuarine zone of the Amazon River, on Marajó Island, for example, and in the municipal market at Colares, in Pará, species such as *Potamotrygon orbignyi* and *Potamotrygon scobina* are sold cheaply, with an estimated annual catch of up to 100 tons (Ferreira et al., 1998; Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida et al., 2002) (Figure 3). The potamotrygonids are considered to be K strategists (development of young with low levels of competition for nutrients), and the juveniles have low survival rates in environments where there are high levels of competition for nutrients. Given this, if these species become one of the principal targets of fisheries in the near future, they are likely to be increasingly vulnerable, and may soon be added to the listings of endangered taxa (Duncan et al., 2010).

The potamotrygonids face threats similar to the other elasmobranch species, then, including their capture

as bycatch, and the destruction of habitats (Araujo et al., 1998; Toffoli, 2006), although they suffer pressures from two other sources. One is the capture of ornamental species for sale to aquarium enthusiasts, and the other is that, due to their venomous stings, which can cause extremely painful injuries when the animals are accidentally trodden on by people when wading, stingrays are often killed on sight or have their tails cut off (Toffoli, 2006). In one extreme case, the Manaus city council, responding to appeals from the local tourism industry, ordered the elimination of approximately 21,000 stingrays to keep the city's beaches free of accidents between 2001 and 2004 (Charvet-Almeida et al., 2002; Toffoli, 2006).

Conservation status of elasmobranchs

Worldwide, predatory fisheries have had a fundamental influence on the inclusion of a large number of fish species on the Red List of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, the IUCN (Camhi et al., 1998). In this context, research in Brazil has resulted in the inclusion on the list of a number of endangered species, including some that are present in Brazilian waters, such as the Brazilian guitarfish (*Rhinobatos horkealii*), daggernose shark (*Isogomphodon oxyrhynchus*), striped smooth-hound (*Mustelus fasciatus*), sawfish (*Pristis* spp.), sand tiger shark (*Carcharias taurus*), school shark (*Galeorhinus galeus*), and angel sharks, *Squatina* spp. (Les-



Figure 3. Sharks and rays processed for marketing in northern Brazil. (A) gutted and finned shark carcasses (known as “cigars”); (B and C) rays of the genus *Dasyatis* ready for sale; (D, E, and F) rays of the genus *Potamotrygon* ready for sale. Photos: A and B of Monteiro (2016); C and D of Freitas (2016); E and F of Gonçalves (2016).

sa et al., 1999b).

Lessa et al. (1999b) notes that fisheries have a significant impact on the coastal resources found off Pará and Maranhão. For most northern Brazilian fisheries, rays and sharks represent bycatch, principally during the bottom trawling of the continental shelf, when the primary targets are shrimp and other commercially-valuable fish species. In Pará and Maranhão, some shark populations are already in decline, and have all the characteristics of overfished species (Lessa et al., 1999; Tavarez et al., 2013).

The Brazilian Society for the Study of Elasmobranchs (SBEEL) recorded the capture of 47 species in northern Brazil, of which 41% were classified as “no data” (IUCN; ICMBio), reinforcing the need for research into the biology and population ecology of the elasmobranchs exploited by the region’s fisheries (Lessa et al., 2005). Prior to the present study, some data were available on the exploitation, feeding ecology, and reproductive biology of only 12 species – *Ginglymostoma cirratum* Bonnaterre, 1788, *Galeocerdo cuvieri* Peron and Lesueur, 1822, *Carcharhinus acronotus* Poey, 1860, *Carcharhinus leucas* Müller and Henle, 1839, *C. porosus* Ranzani, 1839, *Rhizoprionodon porosus* Poey, 1861, *Isogomphodon oxyrhynchus* Müller and Henle, 1839, *Sphyrna tiburo* Linnaeus, 1758, *Sphyrna lewini* Griffith and Smith, 1834, *Dasyatis guttata* Bloch and Schneider, 1801, *Dasyatis colarensis* Santos, Gomes and Charvet-Almeida, 2004, and *Pristis perotteti* Müller and Henle, 1841. No data are available on the exploitation of the stocks of the remaining species, which may be due in part to the difficulties of access to the region’s fishing ports, and the infrequent monitoring of catches (Lessa et al., 2005).

The large-bodied Colares stingray (*Dasyatis colarensis* Santos, Gomes and Charvet-Almeida, 2004), known locally as the “white stingray” or “beaked stingray”, is a commercially-valuable species endemic to the northern coast of Brazil. As the local population applies the same common name to a second species of this genus, *Dasyatis guttata*, it is often unclear which species is being sold in markets (Lessa et al., 2005).

A recent analysis of the intrinsic and extrinsic vulnerabilities of the daggenose shark (*Isogomphodon oxyrhynchus* Müller and Henle, 1839), an endemic species that occurs on the northern coast of South America, between Trinidad and Tobago, Venezuela and Maranhão (Brazil), indicate that the stocks continue to be affected (Lessa et al., 2016). The data on the biological characteristics of the species indicate that it is particularly vulnerable to the intense gillnetting for other fish species and trawling for shrimp, which lead to the capture of immature male and adult female sharks, contributing to the overfishing of this species. After analysis of these data, the species’ conservation status was updated from critically endangered to almost extinct (Lessa et al., 2016).

Conservation and management

A preliminary list of the conservational status of Brazilian fish species, based on extensive consultations with specialists included 12 species of elasmobranchs, of

which, 10 are marine (*Rhincodon typus*, *Cetorhinus maximus*, *Carcharodon carcharias*, *Megachasma pelagios*, *Galeorhinus galeus*, *Mustelus fasciatus*, *Squatina guggenheim*, *Pristis pectinata*, *Pristis perotteti*, *Rhinobatos horkelii*), and two, freshwater (*Potamotrygon henlei* and *Potamotrygon leopoldi*) (Rosa and Menezes, 1996).

The Brazilian Environment Ministry (MMA), through its secretary for biodiversity and forests, promoted the updating of the official Brazilian list of endangered fauna in 1999, a process completed by December 2003. These data were used to compile an official list of endangered fish in two normative instructions published by the MMA, in 2004 and 2005, which included 15 elasmobranch species, *Carcharhinus longimanus*, *Carcharhinus porosus*, *Carcharhinus signatus*, *Isogomphodon oxyrhynchus*, *Negaprion brevirostris*, *Galeorhinus galeus*, *Mustelus schmitti*, *Cetorhinus maximus*, *Ginglymostoma cirratum*, *Rhincodon typus*, *Pristis perotteti*, *Pristis pectinata*, *Rhinobatos horkelii*, *Squatina guggenheim*, and *Squatina occulta*. Six species were also included on the list of overfished species or species threatened with overfishing – *Prionace glauca*, *Sphyrna lewini*, *Sphyrna tiburo*, *Sphyrna zygaena*, *Lamna nasus* and *Carcharias taurus*. In 2009, the MMA, together with the Chico Mendes Institute for the Conservation of Biodiversity (ICMBio), initiated a new updating process for the list, for which, the ICMBio indicated the need for a new evaluation and re-evaluation of all the elasmobranch species found in Brazil. These data were published recently (ordinance number 445 of December 17 2014) in an attempt to reinforce the regulation of the fishery industry. The endangered species are listed in Supplementary Table 1 (Diaz-Neto, 2011; Rosa and Gadig, 2014)

Molecular methods as a tool for the conservation of the elasmobranchs

Molecular methods as a tool for the conservation of the elasmobranchs

In most cases, elasmobranchs are disembarked in fishing ports in the form of processed carcasses (Abercrombie et al., 2005; Ferreira, 2006; Hopkins, 2011). While sharks are gutted and typically lack the head, tail, and fins, the only parts of the rays that are landed are the wings, attached to the pectoral girdle. This processing usually impedes the morphological identification of the specimens (Vooren and Klippel, 2005). An important step toward the more reliable identification of species was taken with the adoption of molecular tools, based on the sequencing of DNA (Holmes et al., 2009; Feldhein et al., 2010; Cerutti-Pereyra et al., 2012)

The DNA barcode is one of the widely-used tools for the identification of plant and animal species (Herbert et al., 2003). It is a simple and rapid means of determining the lowest taxonomic level. It is based on a segment of approximately 650 base pairs of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, which is used as a universal marker. This sequence, amplified by PCR, is characterized by low intraspecific variability, but high levels of interspecific variation. Ward et al. (2005) standardized the DNA barcode for the identification of elasmobranchs,

sequencing the COI gene in 61 species, with the efficacy of the technique for this group being confirmed by subsequent studies (Kekkonen and Herbert, 2014; Packer et al., 2009).

Molecular techniques based on sequences of mitochondrial (mtDNA) or nuclear DNA have been widely used in studies of population genetics (Cruz, 2013; Pinhal, 2010; Tavares et al., 2013; Veríssimo et al., 2012; Rodrigues-Filho, et al., 2009; Dudgeon et al., 2012; Palmeira et al., 2013). The regions of the mitochondrial genome most used for these studies include the cytochrome b (Cyt b) gene and the Control Region (CR), which has been used in a large number of population genetics studies of sharks (Sodré et al., 2012; Tavares et al., 2013). Given its relatively high mutation rates, the CR is more adequate for the analysis of the recent evolutionary history of a population, providing useful evidence for effective conservation and management practices. These practices depend fundamentally on the understanding of the genetic diversity of the species at the population level, for the definition of the basic characteristics of its evolutionary history and the evaluation of current stocks (Tavares et al., 2013).

The molecular approach provides a useful tool for the understanding population dynamics. A recent study analyzed the genetic variability of four shark species, *Carcharhinus porosus* and *Rhizoprionodon porosus* (captured by the fishing fleet of Bragança, Pará, Brazil), and *Sphyrna tudes* and *Carcharhinus limbatus* (caught off Amapá and Pará), and found evidence of low levels of variability in *S. tudes*, indicating a critical decline of its populations (Tavares et al., 2013).

Another problem for species identification is the indiscriminate application of the same common name to a number of different species. Rodrigues-Filho et al. (2009) and Palmeira et al. (2013) showed that the common or regional names attributed to the shark species being marketed did not correspond to their taxonomic classification. The sale of distinct species, or even members of different genera, under the same commercial name, such as “sacuri”, “milhor verde” or “lombo preto”, is a common practice. As many as five different species were being marketed as “sacuri”, for example, which impedes the understanding of the true diversity of species being marketed (Rodrigues-Filho et al., 2009). This study obtained sequences of the 12S/16S molecular marker from 122 samples of tissue obtained from shark meat being sold in markets in Bauriteua and Bragança (Pará) between October 2005 and December 2006, and showed that all the sequences identified belonged to species of the order Carcharhiniformes, including six carcharhinid species and four sphyrnids. *Carcharhinus porosus* accounted for the largest number of individuals, with 57 of the specimens (Rodrigues-Filho et al., 2009).

While the commercial fishing of sawfish (*Pristis*) has been prohibited in Brazil since 2004, Palmeira et al. (2013) showed that these animals continue to be captured and sold in the fish markets of the towns of Bragança and Vigia in Pará. In a sample of 44 specimens collected from the two localities, the analysis of the markers 16S and Cyt

b indicated that 24 specimens (55%) were *Pristis perotetti*. This study further emphasizes the negative implications of using a single common (sawfish) indiscriminately to refer to distinct species and even groups, given that the other 20 specimens were all from sharks (Carcharhinidae: *Carcharhinus leucas*, *C. limbatus*, *C. porosus*, *C. acronotus*, *Sphyrna lewini*, *Galeocerdo Cuvier*; Ginglymostomatidae: *Ginglymostoma cirratum*).

Conclusions

The ongoing increase of environmental impacts caused by human activities, in particular medium-and large-scale fisheries, are increasingly threatening the remaining stocks of many shark and stingray species. Scientific research into the biology and population ecology of the elasmobranchs, together with the mobilization of society and government bodies with regard to current conservation questions, will be essential for the re-evaluation of public policies, and the formulation of effective measures to counter the current threats to Elasmobranchii. By reinforcing the scientific resources (especially at the graduate level) and qualified researches, it can only be hoped that the growth of teams in universities and other research institutes will contribute to the expansion of the scientific understanding of the problem in hand.

Despite the importance of more detailed studies on the different aspects of the biology and life history of the Elasmobranchii in Brazil, taxonomic analyses are of fundamental relevance, as they are for any group of animals. A good knowledge of the phylogeny and systematics of the study group is an essential prerequisite for the development of reliable research in conservation biology.

While there have been important recent advances in the field in Brazil, the country's northern region still lags far behind the other regions. One major problem is the lack of data on the volume of catches and the possible dumping of elasmobranchs on the open sea. These data are of fundamental importance for the management of stocks, given that they provide indices of the size of a species' population, contributing to the development of more adequate management practices for the local fishery fleets. Given this, and the overall lack of research on the biology and ecology of sharks and rays, information on the conservation status of most of the species that occur in the study area is scant, despite the importance of these data for the adequate regulation and monitoring of fishery ports and local fish markets.

References

- Abercrombie DL, Clarke SC, Shivji, MS. 2005. Global-Scale genetic identification of hammerhead sharks: Application to assessment of the international fin trade and law enforcement. *Conservation Genetics* (6): 775-788.
- Almeida MP, Barthem, R B, Viana AS, Charvet-Almeida P. 2009. Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island, mouth of the Amazon River. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(1): 1-11.
- Araújo MLG, Charvet-Almeida P, Almeida MP, Pereira H. 1998. Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): status,

- conservation and management challenges. AC20 Inf. 8.
- Araújo MLG, Duncan WLP, Melo SV. 2005. Plano de Monitoramento de Arraiais de Água Doce. 78 p.
- Camhi M, Fowler S, Musick J, Bräutigam A, Fordham S. 1998. Sharks and their relatives. Ecology and Conservation. Species Survival Commission, World Conservation Union, Gland, Switzerland. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission, 20.
- Cerutti-Pereyra F, Meekan MG, Wei N-WV, O'Shea O, Bradshaw CJA, Austin CM. (2012) Identification of rays through DNA barcoding: an application for ecologists. PLoS ONE, 7, e36479.
- Charvet-Almeida P. 2001. Ocorrência, biologia e uso das araias de água doce na baía do Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia *Plesiontrygon* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Dissertação de mestrado. Belém. Universidade Federal do Pará and Museu Paraense Emílio Goeldi. 213p.
- Charvet-Almeida P, Araújo MLG, Rosa RS, Rincón G. 2002. Neotropical Freshwater Stingrays: diversity and conservation status. Shark News, 14:47-51.
- Clarke SC, Magnussen JE, Abercrombie DL, McAllister MK, Shivji MS. 2006. Identification of Shark Species Composition and Proportion in the Hong Kong Shark Fin Market Based on Molecular Genetics and Trade Records. Conservation Biology (20): 201-211.
- Compagno LJV. 1984. FAO Species catalogue Vol 4. Sharks of the world. Na annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Parts 1, 2/ FAO Fish. Synopsis. (125) vol 4: 1-655.
- Compagno, LJV, Cook SF. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future. In: The Biology of Freshwater Elasmobranchs. OETINGER, M. I.; ZORZI, G. D. (eds.). Journal of Aquaculture e Aquatic Sciences, 7: 62-90.
- Cruz VP. 2013 Estudos genéticos em raias do gênero *Potamotrygon* (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae) na Bacia do Rio Paraná. UNESP. Botucatu, São Paulo.
- Davidson LNK, Krawchuk MA, Dulvy NK. 2015. Why have global shark and ray landings declined: improved management or overfishing? John Wiley and Sons Ltd, FISH and FISHERIES. DOI: 10.1111/faf.12119.
- Dudgeon CL, Blower DC, Broderick D, Giles JL, Holmes BJ, Kashiwagi T, Kruck NC, Morgan JAT, Tillett BJ, Ovenden JR. 2012. A review of the application of molecular genetics for fisheries management and conservation of sharks and rays. Journal of Fish Biology (2012) 80, 1789–1843.
- Duncan WP, Inomata SO, Fernandes MN. 2010. Comércio de raias de água doce na região do médio Rio Negro, estado do Amazonas, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, 5(2): 13-22.
- Diaz-Neto. 2011. Proposta de plano de gestão para o uso sustentável de elasmobrânquios sobre-explotados ou ameaçados de sobre-exploração no Brasil. Brasília.
- Feldheim KA, Chapman DD, Simpfendorfer CA, Richards VP, Shivji MS, Wiley TR, Poulakis GR, Carlson JK, Eng R, Sagarese S. (2010). Genetic tools to support the conservation of the endangered smalltooth sawfish, *Pristis pectinata*. Conservation Genetics Resources 2, 105–113. doi:10.1007/S12686-010-9175-8
- Ferreira EJG, Zuanon JAS, Santos GM. 1998. Peixes Comerciais do Médio Amazonas: Região de Santarém, Pará. IBAMA, Brasília, P. 17-22.
- Ferreira, PVG. 2006. Pesca de Tubarões com espinhel na costa norte do Brasil: Estudo de Caso de uma embarcação artesanal do distrito de Icoaraci, Município de Belem-PA. Trabalho de conclusão de curso, UFRA. 73p.
- Herbert PDN, Cywinska A, Ball SL, Waard JR. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society B 270, 313–322.
- Holmes B, Steinke D, Ward R. 2009. Identification of shark and ray fins using DNA barcoding. Fisheries Research 95 (2–3): 280–288.
- Hopkins C. 2011. External actors, high value resources and threatened species: Shark fin commodity chains of Northern Madagascar, interception for conservation. Master Thesis. Imperial College London, 64p.
- Kekkonen M, Herbert PDN. 2014. DNA barcode-based delineation of putative species: efficient start for taxonomic workflows. Molecular Ecology Resources. 14, 706–715.
- Kotas JE, Petrere MJr, Azevedo VG, Dos Santos S. 2005. A pesca de emalhe e de espinhel de superfície na Região Sudeste-Sul do Brasil. Série documentos Revizee – Score Sul, 72p.
- Lasso CA, Rosa RS, Sánchez-Duarte P, Morales-Betancourt MA, Agudelo-Córdoba E. 2014. Rayas de agua Dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Peru, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad bioecología, uso y conservación. Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia and Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. 368 pp.
- Last PR, Séret B. 2016. A new Eastern Central Atlantic skate *Raja parva* sp. Nov. (Rajoidei: Rajidae) belonging to the *Raja miraletus* species complex. Zootaxa 4147 (4): 477-489.
- Last PR, Henderson AC, Naylor GN. 2016a. *Acroteriobatus omanensis* (Batoidea: Rhinobatidae), a new guitarfish from the Gulf of Oman. Zootaxa, 4144 (2): 276-286.
- Last PR, White WT, Naylor G. 2016b. Three new stingrays (Myliobatiformes: Dasyatidae) from the Indo-West Pacific. Zootaxa 4147 (4): 377-402.
- Lessa R, Batista VS, Santana FM. 2016. Close to extinction? The collapse of the endemic daggernose shark (*Isogomphodon oxyrhynchus*) off Brazil. Global Ecology and Conservation, 7, 70-81.
- Lessa RPT, Santana F, Paglerani R. 1999a. Age, growth and stock structure of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus*, from the southwestern equatorial Atlantic. Fish. Res., Holland, v. 42, p. 21-30.
- Lessa R, Santana F, Rincon G, El-Deir ACA. 1999b. Biodiversidade de elasmobrânquios do Brasil. Necton-elasmobrânquios. Recife-PE.
- Lessa R., Vooren CM, Araújo MLG, Kotas JE, Charvet-Almeida P, Rincón G, Santana FM, Gadig OB, Sampaio C. 2005. Plano nacional de ação para a conservação e o manejo dos estoques de peixes elasmobrânquios no Brasil. Recife: Lessa et al., 2005. 99 p.
- Musick, J. A. 1998. Endangered marine fishes: criteria and identification of North American stocks at risk. Fisheries 23(7):28–30.
- Musick JA, Ellis J. K. 2005. Reproductive Evolution of Chondrichthyans. In. HAMLETT, W.C. (ed.). Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyans. Sharks, Batoids and Chimaeras. Enfield: Science Publishers. Cap. 3. p. 45- 79.
- Packer L, Gibbs J, Sheffield C, Hanner R. 2009. DNA barcoding and the mediocrity of morphology. Molecular Ecology Resources. 9 (Suppl. 1), 42–50.
- Palmeira CAM, Rodrigues-Filho LFS, Sales JBL, Vallinoto M, Schneider H, Sampaio I. 2013. Commercialization of a

- critically endangered species (largetooth sawfish, *Pristis perotteti*) in fish markets of northern Brazil: Authenticity by DNA analysis. *Food Control*. 34:249 e 252.
- Pinhal D. 2010. Aplicação da genética molecular no manejo e conservação de tubarões / Danillo Pinhal. Botucatu, São Paulo.
- Rodrigues-Filho LFS, Pinhal D, Sodré D, Vallinoto M. 2012. Shark DNA Forensics: Applications and Impacts on Genetic Diversity, Analysis of Genetic Variation in Animals, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978-953-51-0093-5.
- Rodrigues-Filho LFS, Rocha TC, Rêgo PS, Schneider H, Sampaio I, Vallinoto M. 2009. Identification and phylogenetic inferences on stocks of sharks affected by the fishing industry off the Northern coast of Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 32, 2, 405-413.
- Rosa RS, Charvet-Almeida P, Quijada CCD. 2010. Biology of the South American Potamotrygonid Stingrays. In: *Sharks and their relatives II: biodiversity, adaptive physiology, and conservation*. Carrier JF, Musick JA, Heithaus MR. CRC Press, 241-286.
- Rosa RS, Gadig OBF. 2014. Diversidade dos Chondrichthyes Marinhos no Brasil. *Arquivos de Zoologia*. São Paulo. Vol. 45(esp.).
- Rosa RS, Menezes NA. 1996. Relação preliminar das espécies de peixes (Pisces, Elasmobranchii, Actinopterygii) ameaçadas no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13: 647-667.
- Séret, B. 2006. Guia de identificação das principais espécies de raias e tubarões do Atlântico oriental tropical, para observadores de pesca e biólogos. Tradução Portuguese Rui COELHO IUCN Union mondiale pour la Nature.
- Sodré D, Rodrigues-Filho LFS, Souza RFC, Rêgo PS, Schneider H, Sampaio I, Vallinoto M. 2012. Inclusion of South American samples reveals new population structuring of the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus*) in the western Atlantic. *Gen. Mol. Biol.* 35, 752-760.
- Szpilman M. 2004. Tubarões no Brasil: Guia prático de identificação. Rio de Janeiro: Aqualittera e Mauad, 160p.
- Tavares W, Rodrigues-Filho LFS, Sodré D, Souza RFC, Schneider H, Sampaio I, Vallinoto M. 2013. Multiple substitutions and reduced genetic variability in sharks. Elsevier.
- Toffoli DR. 2006. História evolutiva de espécies do gênero *Potamotrygon* Garman, 1877 (Potamotrygonidae) na Bacia Amazônica. PPGBTRN. Manaus-AM.
- Veríssimo A, McDowell JR, Graves JE. 2012. Genetic population structure and connectivity in a commercially exploited and wide-ranging deepwater shark, the leafscale gulper (*Centrophorus squamosus*). *Mar. Freshwater Res.* 63, 505-512.
- Vooren CM, Klippel S. 2005. Ações para a conservação de tubarões e raias no sul do Brasil (Igaré, pp. 213-228). Porto Alegre.
- Ward RD, Zemlak TS, Innes BH, Last PR, Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Phil. Trans. R. Soc. B* 360.
- Weigmann S. 2016. Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*.

Occurrence of *Ergasilus versicolor* (Copepoda: Ergasilidae) in *Mugil gaimardianus* (Osteichthyes: Perciformes) from the estuarine area of Bragança, Pará, Brazil

Ergasilus versicolor and *Mugil gaimardianus*

Arthur Felipe Lima dos Santos¹; Daniel Guerreiro Diniz¹; Ricardo Massato Takemoto², Carina Caroline Silva França³ and Rodrigo Yudi Fujimoto^{4,*}

¹ Universidade Federal do Pará, Bragança, Pará, Brasil.

² Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.

³ Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

⁴ Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe, Brasil.

*Contato: ryfujim@hotmail.com

Resumo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar relação parasita hospedeiro em tainhas (*Mugil gaimardianus*) parasitadas pelo copépodo *Ergasilus versicolor*. Os peixes foram capturados nos estuários da região de Bragança, nordeste paraense, entre os meses de agosto de 2006 e julho de 2007. Das 60 tainhas capturadas, apenas 13 não estavam infestadas, os 47 indivíduos restantes apresentaram um total de 1187 parasitas, o que resultou em 78,33% de prevalência, $25,55 \pm 39,2$ de intensidade média e 19,7 de abundância. Esse é o primeiro relato dessa espécie de parasita em peixes do litoral do Pará.
Palavras-chave. Tainha, Amazônia, Sazonalidade, Doença.

Recebido: 11ago16

Aceito: 18set16

Publicado: 07fev17

Editado por
Davidson Sodré
revisado por
Davidson Sodré

Abstract. The current study aims to evaluate the host/parasite ratio in *Mugil gaimardianus* parasitized by *Ergasilus versicolor* and its seasonality. Fish were caught in the estuaries of Bragança, Pará-Brazil, between August 2006 and July 2007. Sixty mullets were captured, but only 13 were not infested, and the other forty-seven specimens held a total of 1,187 parasites. It resulted in a prevalence of 78.33%, 25.55 ± 39.2 of mean intensity and abundance of 19.7. It is the first record of this parasite in Pará State.
Keywords. Mullet, Amazon, Seasonality, Disease.

Introduction

Mullets are fish that inhabit coastal and estuarine water of tropical and subtropical seas worldwide. They are euryhaline and usually swim into lagoons and estuaries and are commonly found in estuarine low salinity water, but migrate to the sea during the spawning period (Menezes, 1983). They are commercially important since they are one of the main resources exploited by artisanal fishermen in all regions where they occur because they represent an important source of protein for human consumption (Cervigón et al., 1993). They are popularly known in Brazil by names such as tainha (mullet), paraty, curimã, caíca and pratiqueira (Menezes, 1983).

The Mugilidae family includes 13 genera and 70 species distributed worldwide (Nelson, 1994). Among the mullets, *Mugil* spp. occurs on the Northern coast of South America (Cervigón et al., 1993) only and it is represented in the Bragança coast by three species: *Mugil curema* Valenciennes, 1836, *M. gaimardianus* Desmarest, 1831 and

M. liza Valenciennes, 1836 (Espírito Santo et al., 2005). There are approximately 35 known copepod crustaceans parasitic on teleost fish. Marine fish of the Belontiidae, Scombridae, Mugilidae, and Haemulidae families show the worse infestations (Luque & Takemoto, 1996). However, the state of Pará reports the most scarce ergasilid infestations in fish in the Northern coast of the country.

The Ergasilidae family comprises 8 genera and 38 species. Twenty-one (21) *Ergasilus* species parasitic on Brazilian fish were recorded (Boxshall & Montú, 1997). They attach to the hosts and can be found in different places on the hosts' bodies, such as the oral cavity, gill cavity, nostrils, fin and skin (Thatcher, 1991; Varela et al., 1992). The Ergasilids inhabit fresh and salty water and estuarine environments. Once attached to the gills, they show preference for a given gill arch or a certain position in the secondary lamellae. They cling their second antennae to the gill and the antennae works as hooks. It leads to considerable damages in the epithelium when the parasitosis



Figure 1. Collection area, Bragança estuarine region (Furo do Meio and Ajuruteua Beach).

intensity is high, since it causes bleeding and weight loss in the host or even death, as seen in *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758, parasitized by hundreds of *Ergasilus lizae* Kroyer, 1863 (Paperna, 1975).

Thus, the current study aims to evaluate the parasite/host in mullets parasitized by *Ergasilus versicolor* Wilson, 1911, in the Bragança region, Northeastern Pará.

Material and methods

Samples were collected in two points of the Bragança estuary region, Furo do Meio (L 46°39'29 " ; W 0°49'14 ") and Ajuruteua beach (L 46 ° 39'15" W, 0°49'14 ") (Figure 1), from August 2006 to July 2007, using gill nets with 18, 20 and 25 mm internode meshes. The nets were randomly and transversely placed in the canal for five hours. They were checked every 30 minutes and then relocated in the site. Trawls of approximately 15 to 20 min were performed using the same nets, when the collection was performed on the beach. Fish were placed in net-tanks for species' maintenance until their transference to the Laboratory of ictioparasitology and fish farming of the Federal University of Pará (UFPA) – Bragança Campus. Fish were transported alive in Styrofoam boxes containing clean water collected at the site. The living individuals were transferred to 300L water tanks with recirculating and artificial oxygenation system within the laboratory and were kept there for 24 hours. The fish that arrived dead in the laboratory were identified, autopsied and stored at -18°C.

Parasitological analyses

Prior to the parasitological analysis, fish were sacrificed by deepening anesthesia with benzocaine

baths (approximately 1g /10L). Then, the species' full length, weight and identification were performed. The autopsy, fixing, parasite collection (Amato et al., 1991; Eiras, 1994) and identification procedures were done (e.g. Knoff et al. 1994; Johnson & Rogers, 1972) after the fish's death. The parasitological rates of prevalence, mean intensity and abundance followed the determinations by Bush (1997).

The parasitological data were then correlated (Pearson correlation) with the individuals' length and weight. The mean intensity of infections found in the dry and wet seasons was

compared by t test. The division into two seasons followed the recommendations by Schaefer-Novelli & Cintrón (1986). The Biostat 4 software was used for statistical analysis (Ayres et al. 2005).

Results and Discussion

Sixty (60) *Mugil gaimardianus* specimens were captured (total length from 13.8 to 28.1 ± 2.58 cm and weight from 33.2 to 177.4 ± 31.3g) and only 13 showed no infestation by the parasite. The ergasilid species found in the current study was identified as *Ergasilus versicolor* Wilson, 1911 with sample size of 1,187 individuals. This is the first report on the occurrence of *E. versicolor* in Northeastern Pará, Bragança region.

Regarding the host/parasite ratio, the following parasitological indexes were obtained: 19.7 abundance, 25.6 ± 39.2 parasites/fish of mean intensity and 78.33% prevalence. High degree of infestation by ergasilids was found when comparing the current study with that by Knoff et

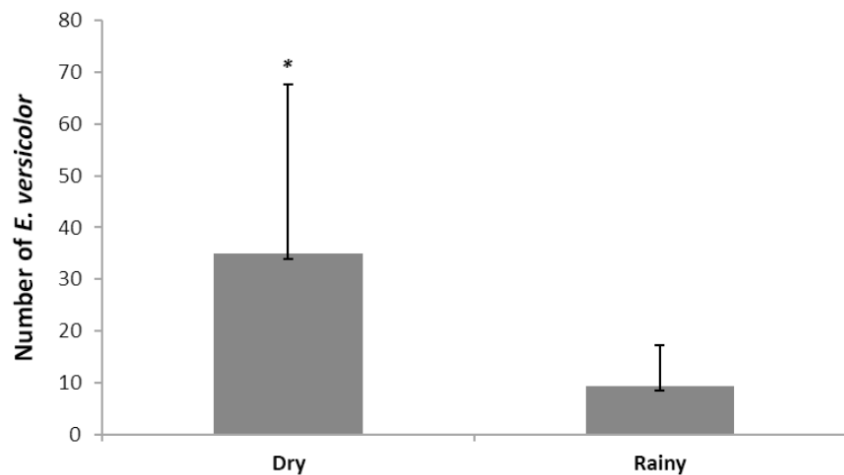


Figure 2. Seasonal variation in the number of *E. versicolor* collected in the Bragança estuarine region, Pará, Brazil.

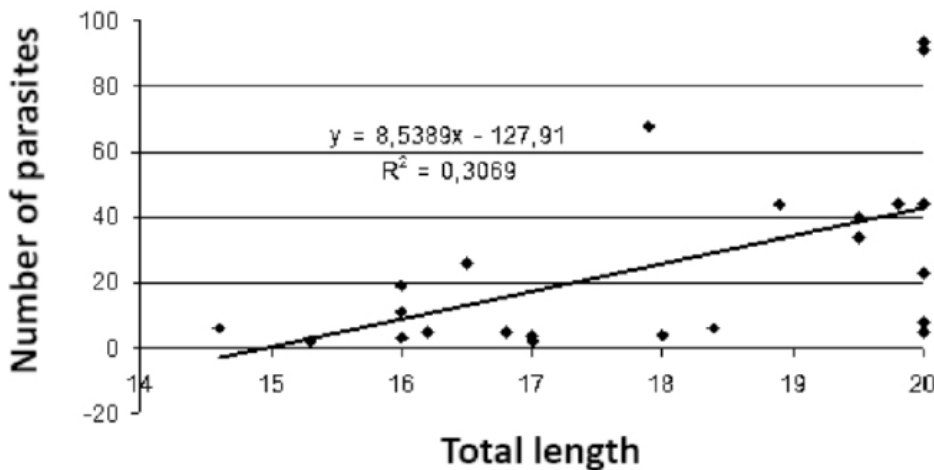


Figure 3. Correlation between the host's total length and the number of *E. versicolor* collected in the estuary of Bragança, Pará, Brazil.

al. (1994) who found prevalence of 20.66% in *Mugil platanus* captured in Rio de Janeiro, thus corresponding to a number 3.8 times lower than the one found in the present study. Cavalcanti et al. (2005) found intermediate values, with prevalence of 58.06% in *Mugil curema* captured in Rio Grande do Norte. The period in which higher prevalence (94.57%) of *E. versicolor* was recorded corresponds to the months from January to July, which is the rainy season in the region. In contrast, results showed that the dry period showed bigger number of parasites in Pará (Figure 2). It happens because these parasites are directly related to water temperature, and the rising temperature provides greater abundance and egg production capability (Cloutman & Becker, 1977; Jones, 1981)

In other countries, such as Mexico, *Mugil cephalus* presented the following parasitological indexes: 72.7% prevalence and mean intensity of 4.01 (Valles Ríos et al., 2000), prevalence value similar to the one found in the current study, but with less infection intensity. The authors of the current study ruled out the hypothesis that the infestation is subject to factors such as salinity, because *E. versicolor* would show euryhaline capacity (Valles Ríos et al. 2000).

In addition to the abiotic factors, biotic factors such as fish size influence the parasitic load. Larger fish would present major infestations due to longer exposure to the environment and larger contact surface (Thatcher & Boeger, 1983; Tavares et al., 2005). However, the correlation between the host's total length and the number of parasites in the current study showed $r^2 = 0.30$ (Figure 3). This result is lower than that found by Tavares et al. (2005) who found a correlation of $r = 0.5$ to parasitism by *Ergasilus* sp. on *Anchoa tricolor*. As for the weight, no correlation was found.

Conclusion

This is the first report of *E. versicolor* parasitism on *M. gaimardianus* in the coast of Pará. It showed increased infestation during the dry season, mainly due to temperature rise. However, such infestation is not influenced by the size of the fish.

References:

- AMATO, J. F. R.; BOEGER, W. A.; AMATO, S. B. 1991. Protocolos para Laboratório-Coleta e Processamento de Parasitos do Pescado: 1 – 8. Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro
- BOXSHALL, G. A & MONTÚ. Copepoda parasitic on Brazilian coast fishes: a handbook. Nauplius 5(1): 1-225. 1997
- BUSH, A. O., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms. Margolis et al. Revisited. Journal of Parasitology 83(4): 575-583.
- CAVALCANTI, E. T. S. PAVANELLI, G. C; CHELLAPPA, S; TAKEMOTO, R. M., 2005. Ocorrência de *Ergasilus versicolor* e *E. Lisae* (Copepoda ergasilidae) na Tainha *Mugil curema* (OSTEICHTHYES, MUGILIDAE) em Ponta Negra Natal, Rio Grande do Norte. Arquivos de Ciência do Mar (38): 131- 134.
- CERVIGÓN, F. CAPRIANE F, FICHER W, GARIBALDI L, HENDRICKX M, LEMUS A. J, MÁRQUEZ R, POUTIERS J. M, ROAINA G and RODRIGUEZ B, 1993. FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes. Field Guide to the Commercial. Guia de campo de las especies comerciales y de aguas salobres de la costa septentrional de sur América. Roma, p. 513
- CLOUTMAN, D.G; BECKER, D.A., 1977. Some Ecological Aspects of *Ergasilus centrarchidarum* Wright (Crustacea: Copepoda) on Largemouth and Spotted Bass in Lake Fort Smith, Arkansas. The Journal of Parasitology 63 (2): 372-376
- EIRAS, J. C., 1994. Elementos da ictioparasitologia: 1–339. Porto Fundação Eng. Antonio de Almeida. Universidade do Porto.
- EL-RASHIDY, H. & BOXSHALL., 1999. Ergasilide copepods (Poecilostomatoida) from The gills of primitive mugilidae (grey mullets). Systematic parasitology 42: 161-186.
- ESPÍRITO, S. R. V., ISAAC, V. J., SILVA. L. A., MARTINELLI, J. M., HIGUCHI, H., SAINT- PAUL, U., 2005. Peixes e camarões do litoral bragantino Pará Brasil: 1–268. Programa Madam, Belém.
- KNOFF, M., AMATO, J. F. R & LUQUE, J. L., 1997. Community ecology of the metazoan parasites of Grey mullets, *Mugil platanus* (Osteichthyes: Mugilidae) from the littoral of the State of Rio de Janeiro, Brazil. Revista Brasileira de Biologia, v. 57, n. 3, p. 441- 454. b
- KNOFF, M. LUQUE, J.L. & TAKEMOTO, 1994. Parasitic copepods on *Mugil platanus* Gunter (Osteichthyes; Mugilidae) from the coast of State of Rio de Janeiro, Brazil. Revista Brasileira de Veterinária 3(1): 45-56.

- JOHNSON, S.K., ROGERS, W.A., 1972. *Ergasilus clupeidarum* sp. n. (Copepoda:Cyclopoida) from Clupeid Fishes of the Southeastern U. S. with a Synopsis of the North American *Ergasilus* Species with a Two-Jointed First Endopod. The Journal of Parasitology 58(2), 385-392.
- JONES, J. B. 1981. *Abergasilus amplexus* Hewitt, 1978 (Ergasilidae: Copepoda) from New Zealand, with a description of the male. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 15 (3): 275-278.
- LIN, C. L & Ho, 1998. Two species of ergasilidae copepods parasitic fishes cultured in brackish water in Taiwan. Proceedings of the Biological society of Washington 11: 15027.
- LUQUE, J. L & TAKEMOTO, 1996. Parasitic copepods on orthopritis ruber and Haemulon steindachneri (Osteichthies: Haemulidae) from the Brazilian littoral, with the description of a new species of Caligus (Siphonostomatoida: Caligidae) Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Biologia 56(3): 529-546.
- MENEZES, N. A., 1983. Guia Prático para Conhecimento e Identificação das Tainhas e Paratis (Pisces, Mugilidae) do Litoral Brasileiro. Revista Brasileira de Biologia 2(1): 1-12.
- NELSON, J. S., 1994. Fishes of the World: 3: 1-600. John Wiley and Son, Inc. New York, New York.
- OLIVEIRA, E. F., AMATO J. F. R., KNOFF, M., 1988. A new species of *Histherolecitha* (Trematoda: Hemiuridae) from the Mullet, *Mugil liza*, in the State of Rio de Janeiro, Brasil. Proceedings Helminthol 55(1): 58-61.
- PAPERNA, I., 1975. Parasites and diseases of the grey mullet (*Mugilidae*) with special reference to the seas of the Near East. Aquaculture 5(1): 65-80.
- PIASECKI, W., GOODWIN A. E., EIRAS J. C., NOWAK B. F. 2004. Importance of Copepoda in freshwater aquaculture. Zoological Studies 43(2): 193-205.
- TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L.; BICUDO, A. J. A., 2005. Community ecology of metazoan parasites of the anchovy *Anchoa tricolor* (Osteichthyes: Engraulidae) from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. Braz. J. Biol., 65 (3) 533-540
- THATCHER, V. E., 1991. Amazon fish Parasites. Amazoniana, Ploen 11 (¾): 263-571
- THATCHER, V.E., BOEGER, W.A., 1983. The Parasitic Crustaceans of Fishes from the Brazilian Amazon. 4. *Ergasilus colomesus* n. sp. (Copepoda: Cyclopoida) from an Ornamental Fish, *Colomesus asellus* (Tetraodontidae) and Aspects of Its Pathogenicity. Transactions of the American Microscopical Society 102(4) 371-379.
- VALLES- RÍOS, M. E., RUIZ-CAMPOS, G. y GALAVIZ-SILVA, L. 2000. Prevalencia e intensidade parasitaria en *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae), del Río Colorado, Baja California, México. Revista de Biología Tropical. 48(2- 3): 495-501.
- VARELLA, A. M. B; Martha E, RUIZ-CAMPOS, Gorgonio y GALAVIZ-SILVA Lucio 1992. Copepodos (crustacea) parasitas das fossas nasais de peixes, coletados na região de Rondonia, Brasil: 1-105 Instituto de Biociências, UNESP-Rio Claro, São Paulo

Caracterização de flebotomíneos em bairros de Sobral, Ceará

Phlebotomine sand flies characterization in Sobral's neighborhoods, State of Ceará

Antonio Carlos Silva Silvino¹, Késsia Bezerra Silva¹, Lucas Christian de Sousa-Paula², Raimundo Vieira Dias³ e Petronio Emanuel Timbó Braga^{1*}.

¹Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, Campus da Betânia, Sobral, CE, Brasil.

²Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil.

³Centro de Controle de Zoonoses, Prefeitura Municipal de Sobral, Sobral, CE.

*Contato: espcbiouva@hotmail.com

Resumo. Os flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) são insetos de grande importância para saúde pública, pois são transmissores das leishmanioses. Este objetivou caracterizar os flebotomíneos nos Bairros Vila União e Terrenos Novos na cidade de Sobral, Ceará, considerada uma área endêmica para leishmaniose visceral. As coletas foram realizadas quinzenalmente no período de agosto de 2015 a julho de 2016, utilizando armadilhas luminosas do tipo CDC. Foram capturados 665 espécimes de *L. longipalpis* (473 machos e 192 fêmeas). Estes mantiveram-se presentes durante todo o período de coleta nos Bairros estudados, o que sugere ser a espécie altamente competitiva e bem adaptada ao ambiente antrópico de Sobral, sendo necessário que a vigilância entomo-epidemiológica adote medidas preventivas e que permitam monitorar o comportamento deste vetor.

Palavras-chave. *Leishmaniose, Lutzomyia, Zoonose.*

Abstract. Phlebotomine sand flies (Diptera, Psychodidae) are insects of great importance to public health because they are transmitters of leishmaniasis. This aimed to characterize the sandflies in Neighbourhoods "Vila União" and "Terrenos Novos" in the city of Sobral, State of Ceará, Brazil, considered an endemic area for visceral leishmaniasis. Samples were collected every two weeks from August 2015 to July 2016, using CDC light traps type. 665 specimens of *L. longipalpis* (473 males and 192 females) were captured. These remained present throughout the collection period in the neighborhoods studied, which suggests the specie is highly competitive and well adapted to environment of Sobral, requiring that entomo-surveillance adopt preventive measures and to enable monitoring the behavior of this important vector.

Keywords. *Leishmaniasis, Lutzomyia, Zoonosis.*

Introdução

São as leishmanioses antropozoonoses consideradas um grande problema de saúde pública, representando um complexo de doenças com importante espectro clínico e diversidade epidemiológica. Considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como uma das seis mais importantes doenças infecciosas, pelo seu alto coeficiente de detecção e capacidade de produzir deformidades (Brasil, 2007). Quando o homem entra em contato com o ciclo de transmissão do parasito, estas podem acometer o mesmo, além de poderem afetar várias espécies de animais silvestres e domésticos. Por se tratarem de um complexo grupo de doenças, devido as diferenças e peculiaridades de suas características clínicas e epidemiológicas, foram separadas em dois principais grupos: Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA), que recebe este nome por afetar principalmente a estrutura da pele e das mucosas e Leish-

maniose Visceral (LV), também conhecida como calazar (Souza, 2011).

Importante por sua alta incidência e letalidade, é um problema de saúde pública, ocorrendo não só nas Américas, mas na Europa, África, Ásia e Oriente Médio (Monteiro et al., 2005). Duas espécies de flebotomíneos têm sido relacionadas com a transmissão da LV no Brasil, *Lutzomyia longipalpis*, considerada a principal transmissora de *Leishmania infantum* no Brasil, e mais recentemente *L. cruzi*, incriminada como vetor no Mato Grosso do Sul (Santos et al., 1998; Macedo et al., 2008).

Infecções por *Leishmania spp.* que causam a LTA foram descritas em várias espécies de animais silvestres, sinantrópicos e domésticos (canídeos, felídeos e equídeos). O modo de transmissão dar-se através da picada de insetos transmissores infectados e não há transmissão de pessoa a pessoa (Brasil, 2007).

Recebido: 03dez16

Aceito: 30jan17

Publicado: 07fev17

Editado por

Daniel Lahr e

revisado por

Anônimo

Já a LV ou Calazar (Kala-azar) é uma doença sistêmica grave que atinge as células do sistema mononuclear fagocitário do homem e animais, sendo os órgãos mais afetados o baço, fígado, linfonodos, medula óssea e pele (Conceição-Silva, 2014). A LV teve o primeiro caso relatado no Brasil em 1934, quando foram encontradas amastigotas de *Leishmania* em cortes histológicos de fígado de pessoas que morreram com suspeita de febre amarela. Somente 20 anos depois é que se registrou o primeiro surto da doença em Sobral, Ceará (Gontijo and Melo, 2004).

Diversos fatores ocasionados pela urbanização levam a uma redução do espaço ecológico da doença, facilitando a ocorrência de epidemias. O ambiente característico e propício à ocorrência da LV é àquele de baixo nível socioeconômico, pobreza, promiscuidade, prevalente em grande medida no meio rural e na periferia das grandes cidades (Brasil, 2006).

A LV possui uma alta incidência principalmente em crianças desnutridas, idosos, e pacientes imunossuprimidos, encontrando-se assim entre as seis endemias consideradas prioritárias no mundo (Araújo, 2006). Essa patologia é, ainda, endêmica no Ceará, com registro de surtos frequentes (Bravo, 2007) sendo mais prevalentes para LV humana no Estado as cidades de Fortaleza, Sobral e Juazeiro do Norte (Ceará, 2007).

Sobral por suas características ambientais, climáticas, geográficas, urbanas e culturais favorecem a existência e manutenção de vetores de várias doenças, dentre os quais, os flebotomíneos, insetos dípteros transmissores das leishmanioses. O município foi considerado pelo Ministério da Saúde (MS) como área endêmica para transmissão da LV (Diário do Nordeste, 2008). Há de se ressaltar que alterações vêm ocorrendo nas áreas periurbanas com a crescente expansão imobiliária, no que torna importante que as autoridades de saúde mantenham a vigilância epidemiológica no sentido de detectar e atuar frente a possíveis ocorrências de surtos da doença.

Com relação a LTA, no Ceará, somente no ano de 2012, foram 308 casos. Em Sobral foram 12 casos notificados (correspondente a 3,5% dos casos de LTA no Estado). Situação mais grave ocorreu para a LV, onde, dos 113 casos ocorridos no Estado, 26 foram notificados somente em Sobral (correspondente a 23% dos casos da doença em todo Estado), segundo dados disponibilizados pelo SINAN (Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da Saúde) (Brasil, 2013), no que constitui motivo de grande preocupação para os responsáveis pela saúde pública no município e estado.

O presente estudo teve por objetivo caracterizar as espécies de insetos flebotomíneos em dois bairros próximos a áreas periurbanas e que se destacam pelos registros para áreas de transmissão intensa da doença, em Sobral, Ceará, município potencialmente endêmico e área de risco para transmissão das leishmanioses.

Métodos

Esta investigação foi realizada nos Bairros Vila União e Terrenos Novos, na periferia do município de Sobral, Ceará (Figura 1), no período de agosto de 2015 a

julho de 2016.

As coletas dos flebotomíneos foram realizadas com 6 armadilhas luminosas tipo CDC (Center of Diseases Control) (tipo sucção), quinzenalmente, em cada Bairro, num período de 12 horas por noite, ou seja, sempre das 18 h às 6 h do dia seguinte, totalizando 23 coletas em cada bairro ao longo do período de estudo.

Os flebotomíneos capturados foram transportados vivos até o Laboratório de Entomologia da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) de Sobral, onde foram sacrificados por congelamento (-20 °C) e separados por sexo, dando-se a contagem dos mesmos e identificação, esta última sendo realizada através da observação de caracteres morfológicos propostos por Young & Ducan (1994), sempre acompanhados de técnicos especialistas.

Durante as coletas foram registrados dados abióticos [temperatura (°C); umidade relativa do ar (%) e nebulosidade (relacionada à quantidade de nuvens existentes, usando uma escala de 0 a 10, com o valor 0 indicando pouca nebulosidade e 10, muita nebulosidade)]. Dados das precipitações (mm) foram obtidas junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Resultados

Foram capturados 667 indivíduos pertencentes as espécies: *Lutzomia longipalpis* (665) e *L. Goiana* (2). Observou-se uma razão sexual macho/fêmea 2,46:1,0, ou seja, de todos os indivíduos capturados, 473 (71,1%) foram machos e 194 (28,9%) fêmeas (Tabela 1).

A *L. longipalpis* destacou-se por estar presente em quase todas as coletas, o que demonstra adaptação às condições dos bairros estudados. Em um estudo realizado nos anos de 2005 e 2006, também em Sobral, por Macedo et al. (2008), observou-se que dos flebotomíneos capturados 97,35% eram da espécie *L. longipalpis*. Com os resultados do presente estudo sendo semelhante depois de 10 anos, sugere-se que a espécie continua prevalecendo sobre as demais espécies no município, que segundo Oliveira et al. (2013) permanece como área endêmica para LV. Esta espécie foi predominante também em outros estudos realizados em áreas endêmicas (Silva et al., 2015; Costa, 2011; Silva, 2011; Almeida et al., 2010), mostrando estar bem adaptada a ambientes antrópicos.

O Bairro Vila União teve o maior percentual (86,8%) de flebotomíneos capturados, ou seja, 577 espécimes: 419 machos e 158 fêmeas. O Bairro Terrenos Novos apresentou 13,2% dos flebotomíneos capturados, no que correspondeu a 90 espécimes capturados, 54 machos e 34 fêmeas, pertencentes a espécie *L. Longipalpis* e 2 fêmeas *L. goiana* (Tabela 1). Entretanto, houve alternância no número de insetos entre os bairros durante as coletas (Tabela 1).

De todas as coletas realizadas no período de 12 meses a 14ª foi a que representou o maior número de indivíduos capturados (153: 103 machos e 50 fêmeas), representando 24,09% de todos os espécimes (Figura 2).

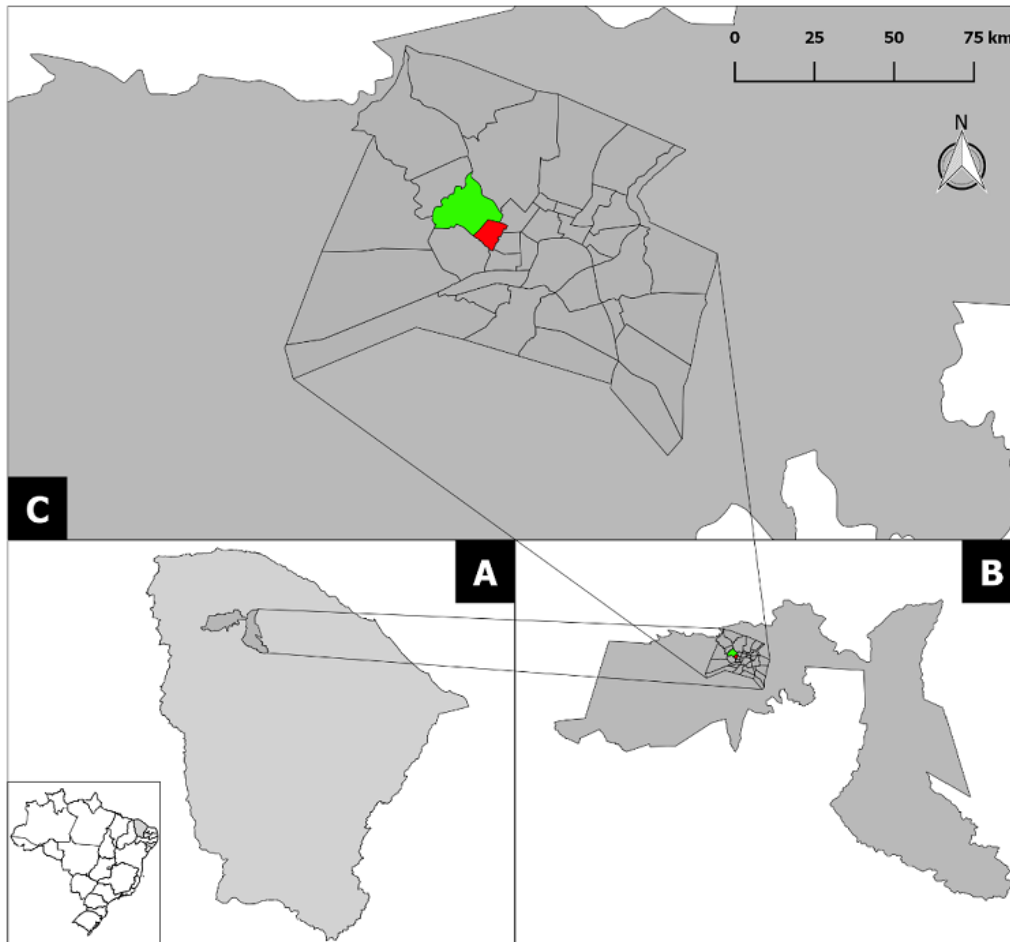


Figura 1. Áreas de estudo: A: Estado do Ceará; B: Município de Sobral; C: Zona Urbana/Bairros do município de Sobral; Em vermelho: Bairro Vila União; Em verde: Bairro Terrenos Novos.

Espécie	Vila União				Terrenos Novos				Total			
	M	%	F	%	M	%	F	%	M	%	F	%
<i>L. longipalpis</i>	419	73	158	27	54	61	34	39	473	71	192	29
<i>L. goiana</i>	0	0	0	0	0	0	2	100	0	0	2	100
	577 (86,8%)				90 (13,2%)				667 (100%)			

Tabela 1. Quantidade e frequência (%) de machos (M) e fêmeas (F) de flebotomíneos encontrados nos Bairros Vila União e Terrenos Novos, Sobral, Ceará. 2015/2016.

O número de machos foi superior ao de fêmeas na maior parte das coletas (Figura 3), embora, as coletas tenham sido realizadas em períodos de quantidades de chuvas diferentes (Figura 4).

Observou-se que na 11ª coleta foi a única que não foi capturado nenhum flebotomíneo, tendo sido realizada em um dia de alta precipitação (Figuras 2). Macedo et al. (2008) apontam que a chuva e umidade beneficiam a proliferação de flebotomíneos, entretanto, quando em níveis altos, podem inudar o solo, destruindo criadouros e pulpas no solo. Além disso, Dias et al. (2007) sugerem que a dinâmica das populações dos flebotomíneos está ligada a pequenas variações de temperatura e umidade nos microhabitats, onde podem favorecer a presença desses insetos ou prejudicar, tendo em vista que esses organismos possuem grande sensibilidade a dessecação.

Camargo-Neves et al. (2001) consideraram a necessidade de correlacionar a quantidade de flebotomíneos coletados com a presença de vegetação, raízes, troncos de árvores e matéria orgânica no solo, represen-

tando possíveis abrigos e criadouros para o vetor. Além disso, as habitações humanas de má qualidade e em locais inadequados, a construção desordenada de abrigos de animais domésticos no ambiente peridomiciliar e a carência de condições mínimas de saneamento básico são condições comuns em áreas rurais e periféricas de centros urbanos (Muniz et al., 2006).

A ocorrência de algumas espécies de flebotomíneos em áreas urbanas deve-se a capacidade desses insetos de se adaptarem onde ocorreram profundas modificações nos seus habitats naturais provocando a restrição de espaços ecológicos (Sousa et al., 2009). Nos bairros estudados são encontrados cães domiciliados e de rua, animais que servem como reservatórios das *Leishmania spp.*, e estes localizam-se próximos a vegetação nativa. Essas ações parecem favorecer a presença desses insetos permitindo àquelas espécies com maior valência ecológica se adaptarem ao ambiente antrópico.

Em relação à quantidade total por bairros, pode-se observar a maior prevalência dos flebotomíneos

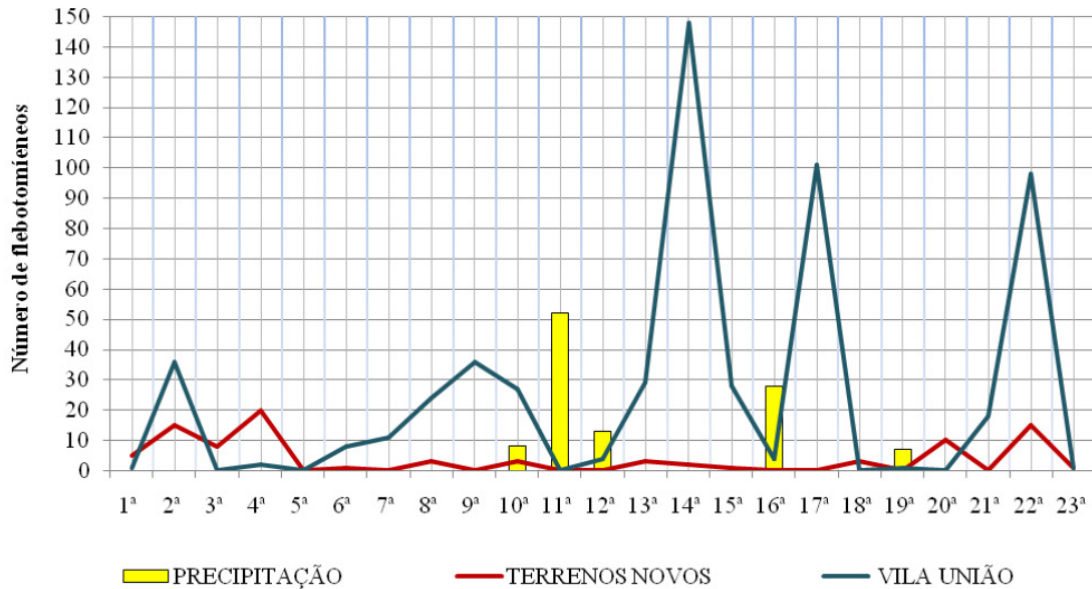


Figura 2. Frequência de *L. longipalpis* nos Bairros Vila União e Terrenos Novos após 23 coletas, em Sobral, Ceará.

capturados no Bairro Vila União, fator que pode estar relacionado com a falta de manutenção do local onde os cães dormem permanecendo um criadouro do inseto há muitos anos, é importante ressaltar que dos espécimes capturados neste bairro todos eram flebotomíneos, o que ressalta a preferência destes dípteros pelas condições oferecidas no local.

O Bairro Terrenos Novos apresentou condições favoráveis à presença dos flebotomíneos, no que diz respeito a ecótopos próximos de galinheiros e áreas de matas nativas (Nunes et al., 2008). Porém, devido ao alto índice de insetos, temporariamente, os moradores borrifam inseticidas como maneira de tentar contê-los. Embora seja uma estratégia menos eficiente, a interrupção do ciclo da leishmania pelo controle de vetores adultos, desde que seja com uso de inseticidas permitidos, pode ser a opção mais barata e aplicável neste novo século (Alexander & Maroli, 2003), tendo em vista que os estágios iniciais do ciclo de vida desse vetor são pouco elucidados, igualmente a identificação de sítios de ovoposição.

Os resultados mostraram variação no número de

machos e fêmeas capturados. Em algumas coletas pôde-se observar grande diferença no número de machos em relação às fêmeas (Figura 3). Essa diferença pôde ser verificada em outros estudos no País (Almeida et al., 2010; Barata et al., 2005; Costa, 2011; Barros et al., 2000). A predominância do sexo masculino observada pode ser explicada pela atração exercida pelas armadilhas de luz e o comportamento de agregação em ambientes onde as fêmeas vão em busca de alimento (Nascimento et al., 2013).

Foi verificada uma maior ocorrência de flebotomíneos no mês de março que também representou o maior índice pluviométrico observado no ano. Macedo et al. (2008) observaram que no ano de 2005 estes dípteros estiveram intimamente correlacionados com a estação chuvosa na cidade de Sobral, fator que não aconteceu em 2006. Outros estudos também verificaram a relação deste insetos com o período chuvoso (Dimas-Lima et al., 2002; Barros et al., 2000; Rêbello, 2001). É importante ressaltar que em dias chuvosos ocorreu a baixa frequência de flebotomíneos, mas que depois de alguns dias fo-

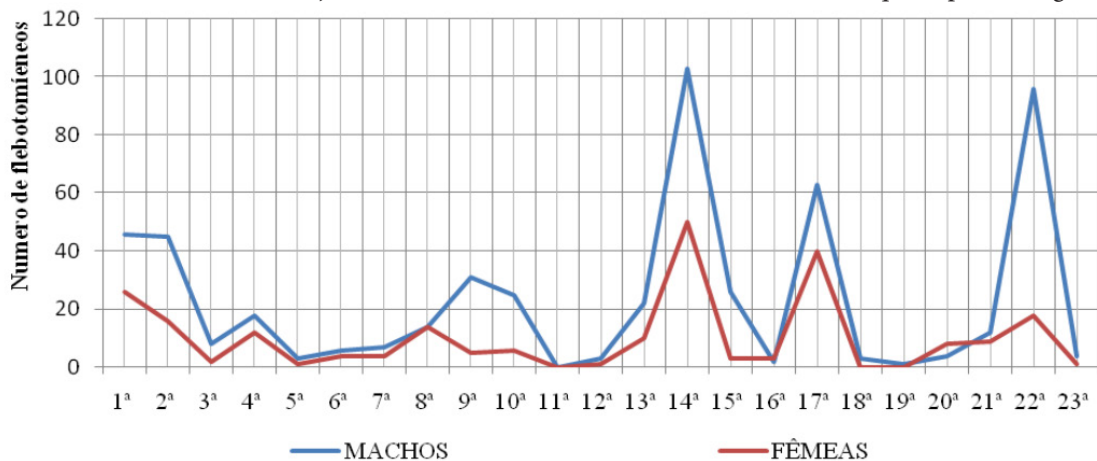


Figura 3. Quantidade relativa de machos e fêmeas de flebotomíneos capturados em Sobral, CE.

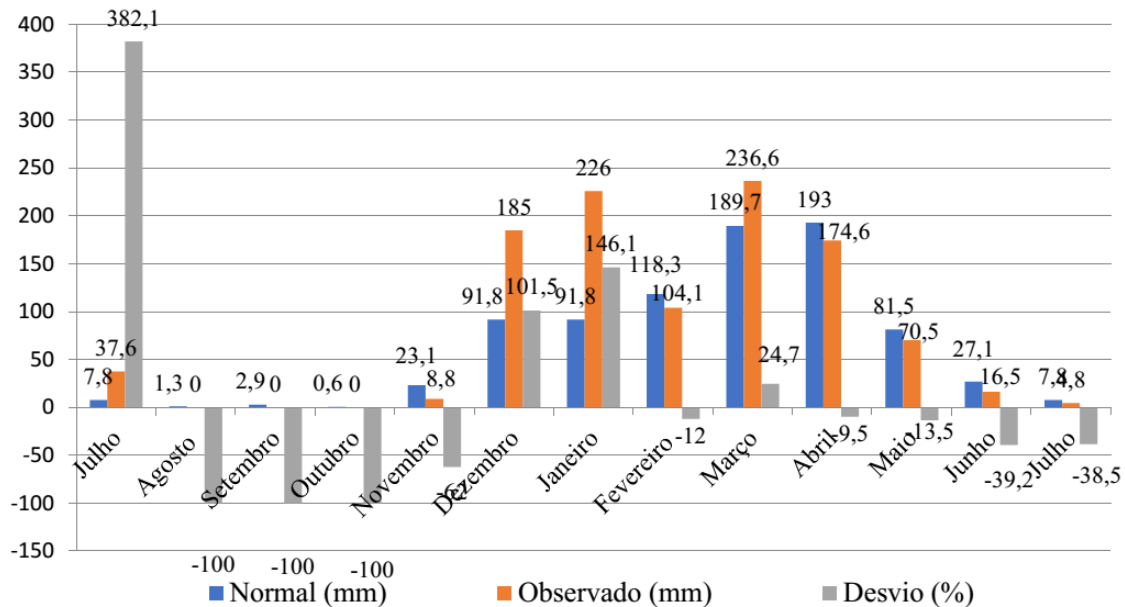


Figura 4. Precipitação em Sobral, CE, no período de julho de 2015 a julho de 2016.

ram capturadas quantidades consideráveis (Figura 2). Sugere-se que este fator esteja relacionado com a disposição de água no solo, o que é crucial para formação de matéria orgânica, o que propicia sítios para a ovoposição dos insetos e, conseqüentemente, baixas temperaturas para seu desenvolvimento que desde o ovo à inseto adulto decorre num período de, aproximadamente, 30 a 40 dias dependendo da temperatura ambiente, sendo este período maior em temperatura mais baixa e menor em temperatura mais alta (Silva, 2011).

O mês de julho ajuda a explicar o alto número de flebotomíneos capturados em agosto (Figura 4), o que se supõe que as chuvas neste período mensal aumentaram o número de criadoruros, e em agosto os insetos adultos foram capturados em alto número em relação aos meses que o seguiram, voltando a aumentar o número de flebotomíneos apenas com o início da estação chuvosa em dezembro.

No estudo foram feitas duas coletas por mês (quinzenalmente), exceto no mês de agosto realizado apenas uma captura. Embora não tenham sido verificados valores estatísticos significativos, entre a abundância de flebotomíneos e a precipitação pluviométrica observando as Figuras 4 e 5 é possível verificar uma relação desta com os picos de chuvas.

Conclusões

Este estudo contribuiu para o conhecimento da riqueza e abundância dos flebotomíneos em áreas urbanas do município de Sobral, Ceará. A presença dominante da espécie *L. longipalpis*, em todo o período de estudo demonstra a grande adaptação desta ao ambiente urbano em Sobral.

O Bairro Vila União por apresentar a maior ocorrência dos flebotomíneos, deve merecer maior atenção para possíveis surtos de LV na cidade.

Agradecimento

Ao CNPq pelas bolsas de Iniciação Científica, aos Técnicos do Laboratório de Entomologia da 11ª Célula Regional de Saúde e ao Centro de Controle de Zoonose de Sobral pelo apoio para realização deste estudo.

Referências

- ALEXANDER B, Maroli M. 2003. Control of phlebotomine sandflies. *Medical and veterinary entomology* 17(1), 1-18.
- ALMEIDA PSD, Minzão ER, Minzão LD, Silva SRD, Ferreira AD, Faccenda O, Andrade-Filho JD. 2010. Aspectos ecológicos de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) em área urbana do município de Ponta Porã, Estado de Mato Grosso do Sul. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 43(6):723-727
- ARAÚJO MSS. 2006. Alterações imunológicas no sangue periférico de cães submetidos à imunoprofilaxia para Leishmaniose Visceral Canina. Tese de Doutorado, Departamento de Parasitologia, ICB, UFMG. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/SAGF-6Z3KQJ>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.
- BARATA RA, França-Silva JC, Mayrink W, Silva JCD, Prata A, Lorosa ES, Fiúza JA, Gonçalves CM, Paula KM, Dias ES. 2005. Aspectos da ecologia e do comportamento de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral. *Rev Soc Bras Med Trop*, 38(5), 421-425.
- BARROS, VLL, Rebêlo JMM, Silva FS. 2000. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de capoeira do município do Paço do Lumiar, estado do Maranhão, Brasil: área de transmissão de leishmaniose. *Cadernos de Saúde Pública*, 16(1), 265-270.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2006. Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 120p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de Vigilância da Leishmaniose Tegumentar Americana. 2007. Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 180p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. SINAN. Disponível em: <<http://>

- dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/index.php>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.
- CAMARGO-NEVES VLF, Rodas LAC, Poletto DW, Lage LC, Spinola RMF, Cruz OG. 2001. Utilização de ferramentas de análise espacial na vigilância epidemiológica de leishmaniose visceral americana-Araçatuba, São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 17, p. 1263-1267.
- CEARÁ. Secretaria da Saúde do Estado do Ceará. 2007. Boletim Epidemiológico, Leishmaniose Visceral.
- CONCEIÇÃO-SILVA F, Alves CR. 2014. Leishmanioses do continente americano. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 512 p.
- COSTA PL. 2011. Comportamento da fauna de flebotomíneos, com ênfase em *Lutzomyia longipalpis*, em área endêmica para Leishmaniose Visceral no município de Passira, agreste de Pernambuco. 2011. 92p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife.
- DIÁRIO DO NORDESTE. 2013. Zona Norte, Cidade de Sobral é área endêmica para o calazar. 2008. Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=593627>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.
- DIAS ES, Silva JCF, Silva JCD, Monteiro ÉM, Paula KMD, Gonçalves CM, Barata RA. 2007. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) de um foco de leishmaniose tegumentar no Estado de Minas Gerais. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 40(1):49-52.
- DIAS-LIMA AG, Castellón EG, Sherlock I. 2003. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) de uma floresta primária de terra firme da Estação Experimental de Silvicultura Tropical, estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amaz*, 33, 303-316.
- GONTIJO CMF, Melo MN. 2004. Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. *Rev. Bras. Epidemiol*, 7(3), 338-349.
- KOHLER GCZ. 2011. Estudo da fauna flebotomínica potencialmente envolvidas na transmissão da Leishmaniose Tegumentar Americana no município de Blumenau/SC. Monografia (Curso de Pós Graduação em Doenças Infecciosas e Parasitárias, Universidade Regional de Blumenau).
- MACEDO ITF, Bevilaqua CML, Morais NB, Sousa LC, Linhares FE, Amóra SSA. 2008. Sazonalidade de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral no município de Sobral, Ceará, Brasil. *Ciência Animal*, 18(2).
- MONTEIRO EM, França-Silva JC, Costa RT, Costa DC, Barata RA, Paula EV, Machado-Coelho GLL, Rocha MF, Fortes-Dias CL, Dias ES. 2005. Leishmaniose visceral: estudo de flebotomíneos e infecção canina em Montes Claros, Minas Gerais. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 38, n. 2, p.147-152.
- MUNIZ LHG, Rossi RM, Neitzke HC, Monteiro WM, Teodoro U. 2006. Estudo dos hábitos alimentares de flebotomíneos em área rural no sul do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 40(6), 1087-1093.
- NUNES VLB, Galati EAB, Cardozo C, Rocca MEG, Andrade AROD, Santos MFC, Aquino RB, Rosa, DD. 2008. Estudo de flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) em área urbana do município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(3), 446-451.
- OLIVEIRA LS, Neto RVD, Braga PET. 2013. Perfil epidemiológico dos casos de Leishmaniose Visceral em Sobral, Ceará no período de 2001 a 2010. *SANARE-Revista de Políticas Públicas*, 12(1).
- REBÊLO JMM. 2001. Frequência horária e sazonalidade de *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) na Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 17(1), 221-227.
- SANTOS ML. 2009. Levantamento da fauna de flebotomíneos (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) no Município de Imperatriz, Estado do Maranhão, Brasil. *PUBVET*, v. 3, n. 13, 2009. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=100>. Acesso em: 26 abril 2016.
- SANTOS SO, Arias J, Ribeiro AA, Hoffmann MDP, Freitas RAD, Malacco MAF. 1998. Incrimination of *Lutzomyia cruzi* as a vector of American visceral leishmaniasis. *Medical and veterinary entomology*, 12(3), 315-317.
- SILVA AB. 2010. Dilemas dos produtores de uma área periurbana: um debate acerca da franja rural-urbana de aldeia-PE. *Revista Percurso*, 2(2), 145-162.
- SILVA LBD, Aquino DMCD, Leonardo FS, Silva ASG, Melo MN, Rebêlo JMM, Pinheiro VCS. 2015. Flebotomíneos (díptera, psychodidae) em focos urbanos de leishmaniose visceral no estado do Maranhão, Brasil. *Rev. patol. trop*, 44(2), 181-193.
- SILVA RA. 2011. Contribuição ao entendimento da Leishmaniose Visceral no Município de Fortaleza, Ceará. 75p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Veterinária). Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária, Fortaleza.
- SOUZA CF. 2011. Estudo da urbanização de flebotomíneos e aspectos epidemiológicos de Leishmaniose Tegumentar Americana no município de Timóteo, Minas Gerais, Brasil. Dissertação: Universidade Federal de Viçosa, 101p.
- SOUZA GD, Santos ED, Andrade-Filho JD. 2009. The first report of the main vector of visceral leishmaniasis in America, *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva) (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 104(8), 1181-1182.
- YOUNG DG, Duncan MA. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sandflies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Mem Am Entomol Inst* 54: 881 pp.

Biodiversidade e conservação da ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul

Biodiversity and conservation of threatened ichthyofauna of the Paraíba do Sul river basin

Renato Massaaki Honji^{1#*}, Carlos Eduardo Tolussi^{1#}, Danilo Caneppele², Carla Natacha Marcolino Polaz³, Alexandre Wagner Silva Hilsdorf⁴ e Renata Guimarães Moreira¹

¹ Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

² Companhia Energética de São Paulo, Paraibuna, SP, Brasil.

³ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Pirassununga, SP, Brasil.

⁴ Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, SP, Brasil.

Estes autores contribuíram igualmente para a realização deste trabalho

*Contato: honji@usp.br

Resumo. A bacia do rio Paraíba do Sul é a segunda maior bacia do leste brasileiro abrangendo os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, contudo diversas ações antrópicas estão contribuindo para o processo de extinção de espécies endêmicas. Diante disto, o Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade, juntamente com outras instituições, promoveram a criação de um Plano de Ação Nacional (PAN) Paraíba do Sul com objetivo de preservar estas espécies ameaçadas. Nesta revisão, reunimos os recentes avanços dos estudos na biologia básica e aplicada de cinco espécies de peixes teleósteos ameaçadas. Além dos dados biológicos, compilamos também as principais ameaças, estratégias de conservação e se há presença dessas espécies em unidades de conservação. Assim, o PAN vem alcançando resultados importantes, o que mostra que a continuidade do trabalho, sobretudo no conhecimento das espécies-alvo, é vital para que haja êxito na manutenção desses animais na bacia.

Palavras-chave. Ciências da conservação; Teleósteos; Antropização; Plano de Ação Nacional.

Abstract. The Paraíba do Sul river basin is the second largest basin of Brazilian east spreading over the São Paulo, Rio de Janeiro and Minas Gerais states, however the anthropic actions are contributing for the process of extinction of endemic species. Therefore, the Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade with other institutions elaborated a National Action Plan (PAN) of Paraíba do Sul, which aimed to preserve these threatened species. In this review, we assembled the recent advances of studies of basic and applied biology of five threatened teleost fish. Beyond the biological data also gathered the main threats, conservation strategies and the possible presence of these species in conservation units. Then, the PAN has been achieving important outcomes showing that the maintenance of the study, especially on the knowledge of the target species is essential to successfully maintain these animals in the basin.

Keywords. Conservation sciences; Teleost; Anthropization; National Action Plan.

Introdução

A bacia do rio Paraíba do Sul (Figura 1) possui uma área de 57 mil km² abrangendo os estados de São Paulo (SP) (38%), Rio de Janeiro (RJ) (38%) e Minas Gerais (MG) (24%) (Hilsdorf e Petrere, 2002). Sua extensão lhe assegura a posição de segunda maior bacia do leste brasileiro (Polaz et al., 2011). O seu principal rio é o Paraíba do Sul, com cerca de 1.000 km de extensão, considerado o maior rio de várzeas do sudeste (Hilsdorf e Petrere, 2002). Seu curso se inicia no município de Paraibuna (SP), a partir da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, atravessando de sul à norte o estado do RJ e a foz é localizada no município de Atafona, neste mesmo estado (Hil-

sdorf e Petrere, 2002). Mesmo localizada entre os maiores centros urbano-industriais do país, a bacia do rio Paraíba do Sul ainda abriga uma alta biodiversidade, mas que vem passando por uma situação de extrema ameaça. Sua fauna é composta por aproximadamente 40 espécies de vertebrados ameaçados de extinção e mais um conjunto de invertebrados, representados principalmente por lagostas e camarões de água doce, sendo a maioria ameaçada devido às diversas ações antrópicas, como a construção de barragens (reservatórios), destruição das matas ciliares, despejos de efluentes de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, além da mineração (Polaz et al., 2011).

Diante deste contexto, o Ministério do Meio Am-

Recebido: 10ago16

Aceito: 04ago17

Publicado: 04/08/17

Editado por
Davidson Sodré
e revisado por
Anônimo

Mapa da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul

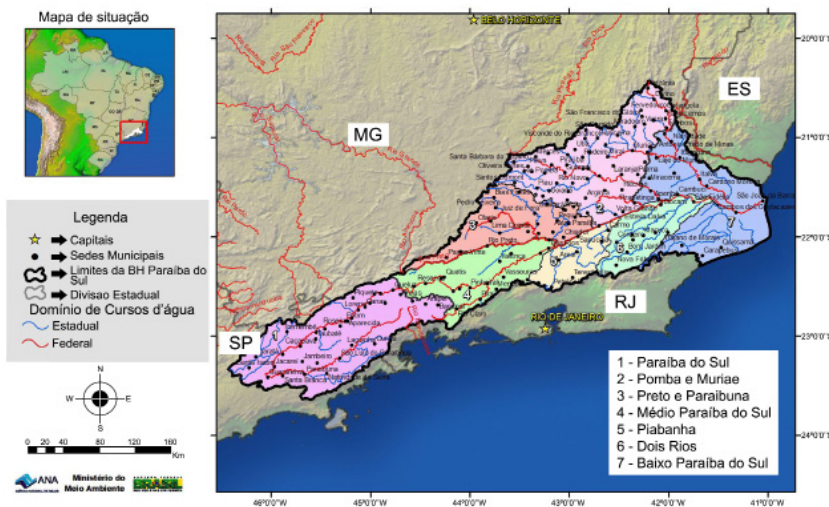


Figura 1. Localização da bacia do rio Paraíba do Sul, abrangendo os estados de São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Minas Gerais (MG), Brasil. Modificado de ANA, 2016.

biente (MMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), tendo como suporte legal a Portaria nº316/2009, estabeleceu um acordo com a sociedade a fim de definir algumas estratégias para a conservação e recuperação da fauna ameaçada de extinção, devido a enorme gama de impactos em que a bacia do rio Paraíba do Sul vem sendo submetida. Uma dessas estratégias foi a criação de um Plano de Ação Nacional (PAN Paraíba do Sul) (Polaz et al., 2011). Desta forma, o ICMBio conta com o apoio de Instituições parceiras, como a Companhia Energética de São Paulo (CESP), o Laboratório de Metabolismo e Reprodução de Organismos Aquáticos do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB/USP) e o Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura do Núcleo Integrado de Biotecnologia da Universidade de Mogi das Cruzes (NIB/UMC), dentre outras, na elaboração e execução de algumas estratégias de conservação e recuperação da fauna da bacia do rio Paraíba do Sul, principalmente com os estudos de biologia geral e aplicada das espécies ameaçadas. Os resultados de diversas pesquisas estão sendo integrados com os resultados previamente obtidos pelo nosso grupo de pesquisa dentro das grandes áreas: “Mudanças Climáticas Globais”, “Fisiologia da Conservação” e “Aquicultura da Conservação” (FAPESP, 2013). O presente trabalho visa agrupar as informações relevantes originadas de pesquisas abordando o PAN Paraíba do Sul e as espécies de peixes teleosteos ameaçadas de extinção desta bacia. Além de contribuir na divulgação das informações sobre a diversidade biológica e conservação da bacia do rio Paraíba do Sul, demonstrando assim, as áreas carentes de dados sobre as espécies ameaçadas dessa bacia, facilitando a pesquisa, incentivando e contribuindo para novos estudos com as espécies de peixes teleosteos ameaçadas dessa importante bacia do sudeste brasileiro.

Elaboração do PAN

Devido a problemática acima descrita, em 2009, o ICMBio (apoiado na Portaria nº316/2009) junto com o MMA elaboraram o PAN do Paraíba do Sul que foi aprovado em 14 de dezembro de 2010 (Polaz et al., 2011). A realização deste plano foi feita em uma oficina em maio do ano de 2010, baseando-se em 13 linhas de trabalho e 86 ações, que vão desde o planejamento energético dos recursos hídricos da bacia até arranjos de articulação interinstitucional, ordenamento pesqueiro, educação ambiental, pesquisa básica e a definição de espécies-alvo de vertebrados e invertebrados endêmicos dessa bacia e ameaçados, como por exemplo, *Steindachneridion parahybae*, *Brycon insignis*, *Brycon opalinus*, *Pogonopoma parahybae*, e *Prochilodus vimbooides* (espécies de

peixes teleosteos), quelônio endêmico (*Mesoclemmys hogei* – répteis) e espécies de invertebrados, como o *Macrobrachium carcinus*, *Atya gabonensis* e *Atya scabra* (espécies de crustáceos) (Polaz et al., 2011). É importante salientar que a presente revisão focará nas espécies de peixes teleosteos ameaçados de extinção.

Para definição destas espécies-alvo de peixes ameaçados, foram utilizados estudos anteriores à realização da oficina (todos os critérios utilizados estão disponíveis em Polaz et al., 2011). Em fevereiro de 2010, cinco analistas ambientais da área de ictiofauna criaram e compuseram uma Coordenação Geral de Fauna e Pesca (CGFAP), a fim de realizar um levantamento dos principais estudos sobre avaliação de impactos ambientais hidrelétricos sobre a ictiofauna e a atividade pesqueira, cujo objetivo era balizar os técnicos de licenciamento ambiental em relação às necessidades do empreendedor e ainda servir como texto base para futuros termos de referência. Esse trabalho gerou um documento denominado “Estudos para avaliação de impactos de empreendimentos de aproveitamento hidrelétrico sobre a ictiofauna e a atividade pesqueira” (Polaz et al., 2011). Esse documento está respaldado pela portaria conjunta do MMA e ICMBio nº 316/2009 (Brasil, 2009), que estabelece os PANs como instrumentos da implementação da Política Nacional da Biodiversidade, constante no Decreto Federal 4.332/02 (Polaz et al., 2011). Estes dados e informações foram importantes para a elaboração do PAN do Paraíba do Sul, que teve também a participação de mais de 20 instituições sob a coordenação de dois centros especializados do ICMBio: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Aquática Continental (CEPTA) e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios (RAN) (Polaz et al., 2011).

Em 2011, foi observada a necessidade de adequar os objetivos do PAN Paraíba do Sul às ações previstas nos

Projetos Básicos Ambientais de Hidrelétricas (PBA), cuja função é apresentar aos órgãos ambientais competentes o detalhamento de todos os programas ambientais previstos no Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto do Meio Ambiente (EIA/RIMA) que serão implementados para prevenir, reduzir e compensar o impacto produzido pela obra nos ecossistemas naturais e na população (Rocha, 2006). Para cumprir este objetivo foram realizadas duas oficinas no RJ, com a participação de analistas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), ICMBio, movimento de pequenos agricultores (MPA), Ministério Público, organizações não governamentais (ONGs), representantes de consultorias ambientais e empreendimentos hidrelétricos (Polaz et al., 2011).

Em 2013 foi inaugurado um boletim mensal de informes do PAN Paraíba do Sul, que tem como objetivo contribuir para a socialização de informações a respeito do andamento das ações e metas do plano por meio de agrupamento de manchetes (Polaz e Bataus, 2013). Neste ano (2013), a coordenação do grupo destacou a consolidação da rotina de monitoramento do projeto Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP), o estabelecimento de novos sítios de ocorrência das espécies do PAN Paraíba do Sul, aproximações com os municípios que fazem parte da área da bacia, ampliação dos bancos genéticos, e divulgação do trabalho em diferentes mídias (Polaz e Bataus, 2013). Este boletim foi publicado em 2014, 2015 e 2016, sendo destacadas, aqui, nesta revisão apenas as atividades realizadas com os peixes teleósteos ameaçados de extinção escolhidos como espécies-alvo. Em 2014, destacou-se a realização de plano de manejo para o *S. parahybae* estabelecido pelo CEPTA e CESP, encontro de banco genético de peixes ameaçados de extinção, levantamento preliminar das espécies alóctones e exóticas da bacia e a atualização do mapa de empreendimentos hidrelétricos da bacia (Polaz e Bataus, 2014). Em 2015, ocorreu a apresentação dos trabalhos científicos dos pesquisadores do PAN Paraíba do Sul no Encontro Brasileiro de Ictiologia de 2015, em Olinda (Pernambuco), como por exemplo: 1) a reprodução em cativeiro de espécies de peixes-alvo do PAN realizada pelo “Projeto Piabanha” e pela “Fundação Instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro” (FIPERJ); 2) atualização de espécies-alvo, cadastro de aquiculturas no Registro Geral de Atividade Pesqueira do MPA na bacia do rio Paraíba do Sul; e 3) a discussão com pescadores de Itaperuna/RJ sobre a captura científica de *S. parahybae* (Polaz e Bataus, 2015). Já em 2016, até o momento, destaca-se a realização de mais uma oficina de monitoramento do PAN Paraíba do Sul (Polaz e Bataus, 2016a), e a apresentação do primeiro Relatório Nacional Sobre Gestão e Uso Sustentável da Fauna Silvestre que aponta propostas para o fortalecimento de mecanismos de controle e manejo da fauna silvestre (Polaz e Bataus, 2016b). Portanto, estes foram os principais pontos executados após a elaboração do PAN Paraíba do Sul em 2009, sempre levando em consideração apenas os objetivos relacionados apenas com os peixes teleósteos endêmicos da bacia do rio Paraíba do Sul.

Principais ameaças à ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul

Duas das maiores ameaças à ictiofauna neotropical são: (1) os níveis elevados de degradação ambiental, principalmente a poluição hídrica (efluentes domésticos e industriais) (Polaz et al., 2011) e (2) as construções de barragens nos rios, já que essas modificações estruturais provocam alterações na dinâmica dos processos hidrográficos (ambiente lótico para ambiente lêntico), no fluxo de água, nutrientes e energia, impactando seriamente a trama ecológica dos rios afetados (Nogueira et al., 2005; Agostinho et al., 2007). É importante destacar também que a bacia do rio Paraíba do Sul foi intensamente aproveitada para a exploração de energia elétrica, sendo que só na calha principal do rio Paraíba do Sul existem quatro hidrelétricas operando (Polaz et al., 2011). Para citar apenas um exemplo desse problema da poluição hídrica (efluentes domésticos), apesar da bacia do rio Paraíba do Sul possuir índices de coleta de esgotos acima de 90% (no estado de SP), nota-se que o índice de tratamento é em torno de 60% (São Paulo, 2013/2014). Já para os efluentes industriais, deve-se destacar que esta bacia merece especial atenção devido à ação antrópica causada pela instalação da Companhia Siderúrgica Nacional de Volta Redonda (RJ). Este impacto é destacado como um dos principais fatores que levaram algumas espécies endêmicas, como por exemplo, *S. parahybae* e *B. insignis*, à Lista de Espécies Ameaçadas de extinção (Brasil, 2004; Honji et al., 2009; Brasil, 2014). Maiores informações a respeito da poluição hídrica na bacia do rio Paraíba do Sul podem ser encontradas em Polaz et al. (2011).

No que concerne às barragens, apesar da indiscutível importância dos reservatórios (tanto os que geram energia elétrica quanto os que fornecem água), também são incontestáveis os problemas associados a estas interrupções no curso natural dos rios (Zohar e Mylonas, 2001; Mylonas et al., 2010). De acordo com Polaz et al. (2011), a bacia do rio Paraíba do Sul apresenta reservatórios considerados recentes, como por exemplo, a Usina Hidrelétrica (UH) de Paraibuna (38 anos) e outras mais antigas, como a UH de Ilha dos Pombos (92 anos) e não foram realizados estudos científicos quantitativos definindo a real situação da ictiofauna, tanto a jusante quanto a montante dos reservatórios. Teoricamente, de acordo com a “Comissão Mundial de barragem” (do inglês *World Commission on Dams*) os níveis de impactos em um ecossistema podem ser caracterizados em três tipos: de primeira ordem, que englobam alterações físicas, químicas e geomorfológicas decorrentes do bloqueio do rio e das alterações na movimentação da massa de água; de segunda ordem, que correspondem às alterações na produtividade primária e na estrutura do canal; e de terceira ordem, incluindo modificações nas assembleias de invertebrados e peixes decorrentes dos impactos de primeira ordem (WCD, 2000). Frente a este quadro, a bacia do rio Paraíba do Sul, por ter idades distintas entre suas barragens, pode apresentar-se caracterizada em diferentes ordens. Entre as espécies de peixes, essas alterações afetam as diferentes populações ícticas, principalmente as de maior porte, geralmente de

hábito migratório, alta longevidade e baixo potencial reprodutivo (Polaz et al., 2011), aspecto comum para muitas espécies teleósteos desta bacia e, portanto, a presença de reservatórios nos rios, causam sérios impactos a essa ictiofauna. Por outro lado, também ocorre a proliferação massiva de espécies de pequeno porte, sedentárias, com alto potencial reprodutivo e baixa longevidade (r-estrategistas), para as quais a disponibilidade alimentar é elevada (Nogueira et al., 2005; Agostinho et al., 2007). Adicionalmente, apenas uma das principais usinas hidrelétricas (UHE Ilha dos Pombos) e a barragem de Santa Cecília apresentam idades superiores há 60 anos, e que apresentam alguns (poucos) dados quantitativos relativos à ictiofauna a jusante e a montante dos reservatórios (Araújo e Nunan, 2005; Polaz et al., 2011), e estes resultados podem auxiliar na tomada de diferentes ações relacionadas às diretrizes gerais na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Outro fato agravante decorrente da presença dos reservatórios nos rios e que coloca em risco a qualidade da água e a diversidade da fauna e flora, é que no Brasil, grande parte dos peixes dulciaquícolas de valor comercial são representados pelas espécies reofilicas, ou seja, são peixes que durante um determinado período (que pode variar entre as espécies), realizam migrações ao longo dos rios e vencem obstáculos naturais (corredeiras e cachoeiras), para se reproduzir (Lucas e Baras, 2001). A migração é necessária para o desenvolvimento das gônadas (ovários e testículos), maturação dos gametas e posterior desova (Lucas e Baras, 2001), e o sucesso reprodutivo em espécies migradoras fica prejudicado quando estes animais são impedidos de migrar. Atualmente, a bacia do rio Paraíba do Sul possui várias barragens e usinas hidrelétricas (~40 em operações) e mais de 90 unidades em fase de estudos (inventário) (Coppetec, 2007), e, como consequência, os impactos ambientais e sociais desses empreendimentos invariavelmente se revelam irreversíveis, principalmente para a ictiofauna reofilica dessa importante bacia hidrográfica, mesmo com as ações mitigadoras.

Por fim, essas duas ações antrópicas (a poluição doméstica e industrial e as obstruções físicas nos rios) descritas anteriormente, são as principais ameaças à ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul. Adicionalmente, outras ameaças à ictiofauna desta bacia que podemos citar, estão: a) destruição da mata ciliar: desencadeada no século XVII, principalmente para intensa atividade agrícola (por exemplo, com produção de café e de cana de açúcar), sistema intensivo da pecuária (com criação de gados), atividades industriais, como extração de areia, e também pela urbanização da região entorno dos rios da bacia; b) pesca predatória e também pela pesca em períodos de piracema; c) introdução de espécies exóticas, devido aos escapes de peixes de pesqueiros e/ou atividades de pisciculturas da região. As principais espécies introduzidas, que ameaçam as espécies endêmicas da bacia, são o *Salminus brasiliensis* (dourado), *Clarias gariepinus* (bagre africano), *Ctenopharyngodon idella* (carpa capim), *Cichla kelberi* (tucunaré), *Pimelodus maculatus* (mandi) e *Metynnis maculatus* (pacu-peva), e como estes três últimos preferem ambientes

lênticos, demonstram grande capacidade de colonizar reservatórios (Polaz et al., 2011).

Diante de tudo que foi apresentado, fica claro que o trabalho realizado pelo PAN Paraíba do Sul seja mantido nas suas diferentes esferas de atuação. Do ponto de vista da esfera biológica, aprofundar do conhecimento da biologia básica das espécies-alvo, desenvolvimento e aprimoramento do cultivo das espécies ameaçadas de extinção em cativeiro, domínio do processo reprodutivo (principalmente no entendimento do bloqueio da reprodução em espécies migradoras quando cultivados em pisciculturas) e do desenvolvimento larval, realização de um programa de repovoamento e avaliar os estoques genéticos das populações selvagens e introduzidas, se tornam vitais para que o PAN Paraíba do Sul obtenha êxitos.

Aspectos biológicos, ameaças e conservação das espécies-alvo

Steindachneridion parahybae

Informações gerais

S. parahybae (Steindachner, 1877) (Figura 2), conhecido popularmente como surubim do Paraíba (Classe: Actinopterygii; Superordem: Ostariophysi; Ordem: Siluriformes; Família: Pimelodidae) é um bagre de grande porte (peixe de couro, sem escamas), sendo uma das espécies de maior porte da bacia do rio Paraíba do Sul, com hábitos noturno, endêmico desta bacia, considerado como um peixe reofilico (potamódromo), carnívoro (bentófago, incluindo principalmente peixes e crustáceos). Esta espécie é comumente encontrada na calha principal ou em fundos arenosos e rochosos (Polaz et al., 2011). Adicionalmente, as principais características morfológicas para a identificação de *S. parahybae* são: dorso escuro e destacado por várias manchas pequenas e alongadas; 16-18 filamentos branquiais no primeiro arco branquial; os barbilhões do maxilar são curtos (comumente superam a inserção da origem da nadadeira peitoral), já os barbilhões da mandíbula, geralmente não alcançam o final do opérculo; as nadadeiras peitorais e adiposas são curtas, já a nadadeira pélvica é muito curta e não alcança o ânus (Garavello, 2005).

Status de ameaça

Seramente ameaçada de extinção nesta bacia e considerada regionalmente extinta no Estado de São Paulo (Garavello, 2005; Honji et al., 2009).

Registro de captura e abundância

Capturas de *S. parahybae* já foram registradas na década de 1950 (~1.000 kg/ano) em vários municípios dos estados de São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Minas Gerais (MG) (Machado e Abreu, 1952). Atualmente, as capturas estão restritas aos estados do RJ e MG (principalmente nos rios das Flores e Vassouras, Pomba e Paraíba do Sul) (Polaz et al., 2011).

Biologia básica e aplicada

Os estudos sobre *S. parahybae* eram esparsos

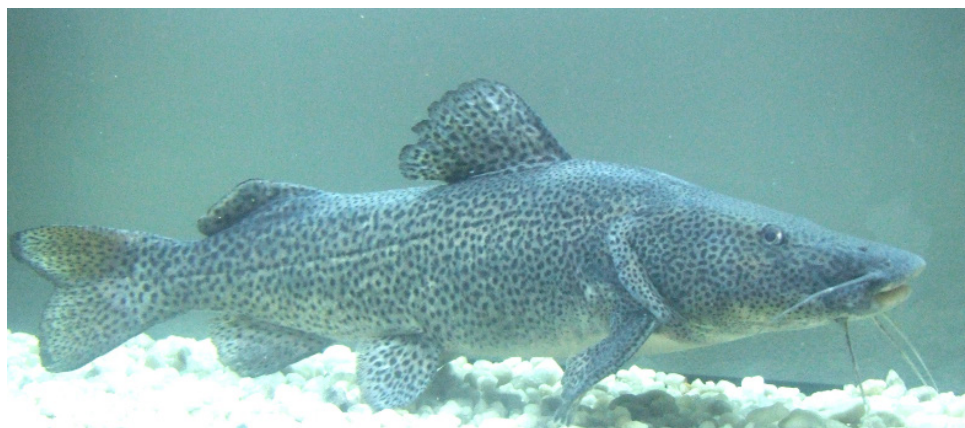


Figura 2: *Steindachneridion parahybae* (Steindachner, 1877). Status de ameaça: criticamente em perigo (Biodiversitas, 2003); ameaçada nos estados SP, MG e RJ (Rosa e Lima, 2008; Biota, 2010; Brasil, 2014). Imagem: acervo CESP.

(Machado e Abreu, 1952; Oliveira e Moraes, 1997; Hilsdorf e Petrere, 2002; Garavello, 2005), no entanto, este panorama começou a se alterar a partir de 2009, quando *S. parahybae* passou a ser utilizada como modelo biológico em estudos reprodutivos e de fisiologia da conservação. Um novo esforço de trabalho vem sendo dirigido a esta importante espécie em extinção, gerando conhecimento científico sobre *S. parahybae* e preenchendo esta lacuna no conhecimento, premissa básica para futuros programas de conservação. Nós temos avançado no entendimento dos aspectos fundamentais da biologia reprodutiva e do desenvolvimento de *S. parahybae* em cativeiro. Estudos de Caneppele et al. (2009) e Honji et al. (2013), estabeleceram o protocolo de indução artificial à reprodução de *S. parahybae* em cativeiro (respectivamente, de reprodutores selvagens e de origem de cativeiro (F1)); desenvolvimento embrionário e larval (Honji et al., 2012a; Lopes et al., 2015), e a qualidade dos gametas de *S. parahybae* tem sido descrito também (Honji, 2011; Sanches et al., 2013, 2014, 2015; Caneppele et al., 2015; Okawara et al., 2015). A reprodução dessa espécie em cativeiro ocorre entre novembro e março, apresentando desenvolvimento oocitário sincrônico, no entanto, durante o período reprodutivo apresenta uma desova em diferentes grupos, ou seja, entre os meses de novembro e março, as fêmeas de *S. parahybae* podem desovar várias vezes durante o período reprodutivo (Honji, 2011). Ainda neste sentido, *S. parahybae* não pode ser caracterizado como uma espécie com determinação sexual por temperatura, no entanto, estudos preliminares indicam que a temperatura pode influenciar a determinação e diferenciação sexual de *S. parahybae* (Honji et al., 2014). Além desses estudos, Honji et al. (2011, 2012b, 2015) caracterizam e descrevem completamente o eixo reprodutivo (hipotálamo-hipófise-gônadas) de *S. parahybae* quando a migração reprodutiva é bloqueada em cativeiro. Finalmente, durante a reprodução induzida em cativeiro de *S. parahybae*, esta espécie apresenta um comportamento reprodutivo agressivo e que atualmente, vem sendo estudada pelo nosso grupo de pesquisa (Honji et al. 2016).

Ameaças e estratégias de conservação

O estoque pesqueiro de *S. parahybae* vem diminuindo desde a década de 1950, devido principalmente

à sobrepesca e atividades antrópicas, como por exemplo, a construção de barragens e a poluição (doméstica e industrial). Considerando as ações antrópicas, um desastre ecológico ocorreu no ano de 2008, no qual, foi constatado o despejo de 8 mil litros de um poderoso pesticida (endossulfan), o que contaminou grande parte do Rio Pirapetinga, que deságua no rio Paraíba do Sul e consequentemente a mortalidade de fração importante da ictiofauna local (incluindo *S. parahybae*) (CRBio2, 2009). Conforme já descrito anteriormente (primeira parte desta revisão), as construções de barragens são as principais ameaças para as espécies reofilicas, pois o controle fisiológico reprodutivo altera-se de alguma forma, ainda pouco esclarecida, quando as espécies migradoras são impedidas de migrar e consequentemente, esses animais não conseguem eliminar os seus gametas de forma natural, prejudicando todo o sucesso reprodutivo. Ao longo dos últimos anos, uma ação de conservação para *S. parahybae* vem sendo realizada pela CESP, que tem apoiado pesquisas sobre a biologia dessa espécie, especialmente sobre a fisiologia reprodutiva (CESP, 2006). Adicionalmente, é importante salientar, que um dos principais objetivos do programa de conservação da CESP é obter juvenis saudáveis em cativeiro para assegurar o sucesso de programas de repovoamento de *S. parahybae* na bacia do rio Paraíba do Sul.

Presença em unidades de conservação

S. parahybae esta presente na Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Paraibuna da CESP e no Projeto Piabanha (ONG Projeto Piabanha). Adicionalmente, vários estudos vêm sendo realizado conforme apresentado acima.

Prochilodus vimboides

Informações gerais

P. vimboides (Kner, 1859) (Figura 3), conhecido popularmente como curimatá ou grumatá (Classe: Actinopterygii; Superordem: Ostariophysi; Ordem: Characiformes; Família: Curimatidae) é uma espécie de médio a grande porte, com grandes escamas ásperas, reofilico (Potamódromo) e apesar de ser encontrada em porções das bacias dos rios São Francisco e Alto Paraná, também se distribui por toda bacia do rio Paraíba do Sul (portanto,



Figura 3: *Prochilodus vimboides* (Kner, 1859). Status de ameaça: quase ameaçada no estado de SP (Brasil, 2014). Imagem: acervo CESP.

não é endêmico dessa última bacia) (Castro e Vari, 2004). As principais características morfológicas de *P. vimboides* são típicas de peixes conhecidos como “curimbatá”, com boca terminal, com lábios espessos e protráteis em forma de “ventosa” (aparelho apropriado para raspar e sugar os sedimentos dos rios), além de apresentar pequenos e numerosos dentes (dispostos em fileiras); coloração do corpo amarelado-prateado (sem manchas) e possui nadadeiras caudal, dorsal, anal, pélvicas e peitorais mais escuras e uma pequena nadadeira adiposa também mais escura próxima a nadadeira caudal. Adicionalmente, este curimbatá apresenta hábitos alimentares iliófago (detritívoro) e bentófago, ou seja, com preferência para ovos e larvas de insetos, moluscos, crustáceos e detritos orgânicos comumente encontrados na água (Castro e Vari, 2004).

Status de ameaça

P. vimboides é considerada como “quase ameaçada de extinção” (Brasil, 2014) e como ameaçada no estado do ES (Vieira e Gasparini, 2007) e para outros estados, como por exemplo, RJ e MG. Levantamentos ictiológicos mais detalhados são necessários para avaliar a vulnerabilidade da espécie na bacia do rio Paraíba do Sul, assim, justificando a inclusão de *P. vimboides* no presente estudo.

Registro de captura e abundância

De acordo com Polaz et al. (2011), no ano de 1952, ocorreu uma grande captura de curimbatás (~15 toneladas) na região do vale do Paraíba (principalmente no rio Paraíba do Sul), que provavelmente seria a espécie *P. vimboides*. Atualmente, são cada vez mais raros na literatura os registros de captura dessa espécie (além de poucos exemplares coletados) (Biota, 2010; Marques et al., 2013; Smith et al., 2013). Desta forma, tendo em vista esta baixíssima frequência de captura, *P. vimboides* encontra-se no limiar de extinção na bacia do rio Paraíba do Sul.

Biologia básica e aplicada

Embora seja amplamente distribuído nessas três bacias (São Francisco, Alto Paraná e Paraíba do Sul), poucas informações biológicas estão disponíveis para essa espécie e especificamente, no caso de *P. vimboides* no estado de SP. Ao contrário de sua espécie congênica, *P. lineatus*,

que se destaca por ser uma das espécies nativas mais bem estudadas com relação a sua reprodução (Ituassú et al., 2005), para *P. vimboides* pouco se sabe a respeito de sua reprodução. Sabe-se que *P. vimboides* é uma espécie reofilica e que provavelmente se reproduz durante o final da primavera e todo o verão (novembro a março). Além disso, Souza et al. (2015) descreveram todo o desenvolvimento embrionário de *P. vimboides* e Oliveira (2015) avaliou as diferentes técnicas de conservação de sêmen dessa espécie.

Ameaças e estratégias de conservação

Além das ameaças à ictiofauna descritas anteriormente para a bacia do rio Paraíba do Sul (degradação ambiental, introdução de espécies exóticas e poluição doméstica e industrial), três pontos podem ser destacados em relação às principais ameaças para *P. vimboides*. O primeiro e o mais severo é a construção de barragens/reservatórios, pois como espécie reofilica, o curimbatá necessita migrar para se reproduzir e com estes bloqueios nos rios, disfunções reprodutivas são observadas para estas espécies migradoras. A segunda ameaça é a presença de espécies introduzidas, que atualmente é uma das maiores atividades antrópicas que ameaçam a biodiversidade mundial. No caso de *P. vimboides*, o que vem ocorrendo com essa espécie na bacia do rio Paraíba do Sul é a substituição desta pela espécie congênica *P. lineatus*, pois esta última é muito mais abundante. Possivelmente, o processo de exclusão/substituição de uma espécie por outra é devido ao menor potencial biótico da espécie substituída associado também às alterações ambientais, explicando assim, o caso de *P. vimboides*, cada vez mais raro e *P. lineatus*, cada vez, mais abundante (Polaz et al., 2011). A terceira ameaça é um relato de um acidente que ocorreu em março de 2003, no município de Cataguases (MG), no qual uma barragem de um dos reservatórios da Indústria Cataguases de Papel Ltda se rompeu, liberando cerca de um bilhão e quatrocentos milhões de litros de lixívia, que é sobra industrial da produção de celulose. Essa liberação ocorreu no córrego do Cágado, um dos afluentes do rio Pomba e observou-se a mortandade de espécies vegetais e animais da região (Gonçalves, 2006).



Figura 4: *Pogonopoma parahybae* (Steindachner, 1877). Status de ameaça: criticamente em perigo (Biodiversitas, 2003); ameaçada nos estados SP e MG (Biota, 2010; Brasil, 2014); vulnerável no estado RJ (Rosa e Lima, 2008). Imagem: acervo CESP.

Presença em unidades de conservação

P. vimbooides esta presente na Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Paraibuna da CESP e Projeto Piabanha (ONG Projeto Piabanha). No entanto, poucos estudos vêm sendo realizados, como apresentado acima.

Pogonopoma parahybae

Informações gerais

P. parahybae (Steindachner, 1877) (Figura 4), conhecido popularmente como cascudo leiteiro (Classe: Actinopterygii; Superordem: Ostariophysii; Ordem: Siluriformes; Família: Loricariidae) é uma espécie de médio porte, peixe com pequenas placas ósseas, endêmico da bacia do rio Paraíba do Sul (Armbruster 1998; Quevedo e Reis, 2002) e poucas informações biológicas estão disponíveis. A morfologia geral de *P. parahybae* é característica dos peixes chamados de “cascudos”; apresentando coloração negra uniforme e ausência de manchas pelo corpo; além de exibir na lateral da cabeça (abaixo dos olhos), odontódeos curtos e rígidos; em relação às nadadeiras. Essa espécie apresenta um espinho bem desenvolvido na nadadeira dorsal, seis raios na nadadeira anal e não possui uma nadadeira adiposa (Armbruster 1998; Quevedo e Reis, 2002).

Status de ameaça:

De acordo com o Decreto nº60.133, de 7 de fevereiro de 2014 (Brasil, 2014), *P. parahybae* é uma espécie da fauna silvestre ameaçada de extinção (em perigo) no estado de SP e considerada como vulnerável no estado do RJ (Rosa e Lima, 2008).

Registro de captura e abundância

Poucos registros de capturas de *P. parahybae* foram descritos na literatura especializada, sendo que, todos os animais são provenientes da calha principal do rio Paraíba do Sul (principalmente no médio curso desse rio no estado de RJ) e do rio Pomba, no estado de MG (Polaz et al., 2011), todos associados a áreas de forte correnteza (ambiente extremamente lótico) e substratos rochosos. No estado de SP foi registrada a ocorrência de *P. parahybae* em um dos braços da represa de Paraibuna (Oyakawa e Menezes, 2011).

Biologia básica e aplicada

Não existem informações a respeito da biologia desta espécie. Apenas, sugere-se que a reprodução dessa espécie ocorra entre os meses de dezembro e março, período de cheias dos rios Paraíba do Sul e Pomba (Polaz et al., 2011).

Ameaças e estratégias de conservação

Como descrito para *P. vimbooides*, além das principais ameaças à ictiofauna apresentadas para a bacia do rio Paraíba do Sul (degradação ambiental, introdução de espécies exóticas e poluição doméstica e industrial), a presença de barragens (reservatórios) é uma das principais ações antrópicas responsáveis pela alteração e/ou eliminação dos ambientes lóticos, que são características ambientais fundamentais para a manutenção de *P. parahybae*, pois esta espécie foi registrada apenas nas calhas principais dos rios, regiões lóticas (Polaz et al., 2011). Também é importante salientar que, segundo Rosa e Lima (2008), essa bacia apresenta 14 hidrelétricas em operações e mais de 50 unidades em planejamento e/ou em construção, indicando assim, mais problemas futuros para *P. parahybae*. Neste contexto, uma das principais ações de conservação para a espécie consiste na proteção e manutenção das áreas lóticas que ainda persistem na bacia, e recuperação das áreas degradadas, sobretudo na melhoria da qualidade da água. Além disso, estimular pesquisas acerca de seus aspectos biológicos, como a reprodução (tanto no ambiente natural como em cativeiro, em operações de cultivo) e a nutrição/alimentação de *P. parahybae*.

Presença em unidades de conservação

Atualmente, a CESP vem realizando campanhas de captura de matrizes no ambiente natural e transferindo estes animais para a Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Paraibuna. Apesar de *P. parahybae* estar presente nesta Estação da CESP e no Projeto Piabanha (ONG Projeto Piabanha), os estudos biológicos acerca desta espécie são inexistentes.

Brycon opalinus e *Brycon insignis*

Informações básicas para ambas as espécies

A Família Characidae dentro da Ordem Chara-



Figura 5: *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819). Status de ameaça: vulnerável (Biodiversitas, 2003); ameaçada nos estados SP, MG e RJ (Rosa e Lima, 2008; Biota, 2010; Brasil, 2014). Imagem: acervo CESP.

ciformes (Classe: Actinopterygii; Superordem: Ostario-physi), abrange cerca de 1.300 espécies de peixes teleósteos, divididas em 14 subfamílias, das quais, a Bryconinae (que inclui 43 espécies), 41 espécies pertencem ao gênero *Brycon*, uma das mais importantes na pesca amadora, profissional e esportiva de água doce da América do Sul (Abe et al., 2014; Nelson et al., 2016). As espécies desta família são tipicamente prateadas, de médio a grande porte, com distribuição que vai do México na América do Norte à bacia do rio da Prata, na América do Sul (Lima e Castro 2000). Em geral, as espécies desse gênero são onívoras, consistindo principalmente de animais (anelídeos, aracnídeos, larvas e insetos terrestres e às vezes peixes e restos de peixes) e de vegetais (com preferência para frutos e sementes), sendo que, esta dieta pode variar ontogeneticamente, ou seja, as larvas e juvenis desse gênero possuem hábitos alimentares de carnívoros, tornando-se cada vez mais herbívoros ao longo do crescimento e desenvolvimento do peixe (Garcia-Carreño et al. 2002; Gomiero et al., 2006). É importante salientar que o hábito alimentar desse gênero evidencia que as matas ciliares são seus principais fornecedores de energia, ou seja, com a destruição da mata ciliar, muitos problemas podem ocorrer com essa ação antrópica.

Brycon opalinus

Informações gerais

B. opalinus (Cuvier, 1819) (Figura 5), conhecido popularmente como pirapitinga do Sul (Subfamília Bryconinae; Gênero *Brycon*) é uma espécie de médio porte, atingindo no máximo 35 cm e com massa corpórea de aproximadamente 1 kg, hábito alimentar onívoro (com predominância de insetos e frutos provenientes da mata ribeirinha), endêmico da bacia do rio Paraíba do Sul, distribuindo-se nas regiões montanhosas das cabeceiras dos rios e também nas áreas mais altas dessa bacia, local nos quais a água é relativamente mais fria (Zanata, 2000; Hilsdorf e Petrere, 2002; Gomiero et al., 2006; Rosa e Lima, 2008).

Status de ameaça

Nessa bacia *B. opalinus* é uma espécie ameaçada de extinção e a sua pesca foi proibida (Brasil, 2004; Go-

miero e Braga, 2007; Brasil, 2014).

Registro de captura e abundância

Atualmente, *B. opalinus* está limitado a poucos tributários mais bem preservados desta bacia. No estado do RJ esta espécie ainda é frequentemente capturada no rio Preto e provavelmente em alguns outros rios dessa bacia, que drenam a Serra da Mantiqueira ou a Serra dos Órgãos. Em MG, existem registros recentes em tributários do rio Paraíba do Sul, como por exemplo, no rio do Peixe e no rio Preto; e no trecho paulista (SP), *B. opalinus* é encontrada principalmente no rio Paraibuna dentro do Parque Serra do Mar no núcleo Santa Virgínia (Rosa e Lima, 2008).

Biologia básica e aplicada

Diante do declínio populacional e inclusão de *B. opalinus* na lista de espécies ameaçadas de extinção, alguns estudos foram realizados, sendo que, a maioria das pesquisas foi de cunho de biologia básica, como crescimento e mortalidade dessa espécie em ambiente natural (Gomiero et al., 2007); relação peso-comprimento e fator de condição (Gomiero e Braga, 2006); avaliação alimentar em ambiente natural e suas relações tróficas com os ambientes aquáticos e terrestres (Gomiero et al., 2008). Além desses trabalhos, estudos sobre a diversidade genética, visando programas de repovoamento dessa espécie, na bacia do rio Paraíba do Sul, também foram realizados (Hilsdorf et al., 2002; Barroso et al., 2005). Apesar desses estudos prévios visando programas de repovoamento, são necessários estudos avaliando outros pontos biológicos, como o desenvolvimento embrionário e larval, engorda de juvenis, além de contínuo monitoramento das populações quanto à sua presença no ambiente, assim como os exemplares que foram liberados no ambiente e também a diversidade genética entre as populações.

Em relação à sua biologia reprodutiva, essa espécie é considerada como reofílica (migrador), porém parece não necessitar de longas migrações para o amadurecimento gonadal e a desova (Gomiero et al., 2006). O período reprodutivo de *B. opalinus* é descrito como no final do período de chuvas e começo da seca, ou seja, entre os meses de agosto a março. Especificamente no rio Paraibuna, a reprodução dessa espécie ocorre durante os meses de agosto



Figura 6: *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). Status de ameaça: criticamente em perigo (Biodiversitas, 2003); ameaçada nos estados SP, MG e RJ (Rosa e Lima, 2008; Biota, 2010; Brasil, 2014). Imagem: acervo CESP.

a novembro (Polaz et al., 2011). Adicionalmente, *B. opalinus* apresenta um desenvolvimento oocitário sincrônico em dois grupos, mas com desova total (Gomiero e Braga, 2007) e em cativeiro, Narahara et al. (2002) induziram essa espécie à reprodução artificial (maturação final e ovulação dos oócitos) utilizando-se duas injeções intramusculares de extrato hipofisário. Estes autores também avaliaram a motilidade dos espermatozoides dos machos, assim como as taxas de fertilização e eclosão. Outros estudos com objetivos de avaliar a criopreservação do sêmen (Orfão, 2010) e o efeito da criopreservação na osmolaridade e motilidade do sêmen (Orfão et al., 2011; Viveiros et al., 2012a) também foram realizados.

Ameaças e estratégias de conservação

Na década de 1950, *B. opalinus* foi considerada uma das espécies mais importantes economicamente dos rios do estado de SP (Machado e Abreu, 1952). No entanto, hoje em dia, esta espécie não tem a mesma importância, devido ao declínio populacional em consequência de fatores que interferem no comportamento migratório das espécies reofílicas, como por exemplo, na construção de barragens, tanto para abastecimento humano como para produção de energia (Narahara et al., 2002; Barroso et al., 2005).

Presença em unidades de conservação

B. opalinus esta presente na Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Paraibuna da CESP e Projeto Piabanha (ONG Projeto Piabanha). No entanto, poucos estudos vêm sendo realizado, como apresentado acima.

Brycon insignis

Informações gerais

B. insignis (Steindachner, 1877) (Figura 6), popularmente conhecido como piabanha, é uma espécie do mesmo gênero da pirapitinga do Sul, um teleósteo presente nos principais rios da bacia do rio Paraíba do Sul, considerada de grande porte (60 cm de comprimento total), de hábito carnívoro na fase juvenil, porém, principalmente herbívoro e frugívoro na fase adulta (Rosa e Lima, 2008).

Status de ameaça

Espécie ameaçada de extinção na bacia do rio Paraíba do Sul e considerada criticamente ameaçada no Estado de Espírito Santo (Vieira e Gasparini, 2007).

Registro de captura e abundância

Na década de 1950, no trecho paulista do rio Paraíba do Sul, *B. insignis* era relativamente abundante, pois correspondia à quarta espécie em volume de captura da pesca comercial (de 15 a 22 toneladas/ano) (Machado e Abreu, 1952). Sua ocorrência era registrada principalmente na calha principal do rio Paraíba do Sul e nos seus principais tributários, como os rios Pomba, Muriaé e Piabanha. *B. insignis* também foi registrado na bacia do rio Grande, rio Macaé, rio São João e rio Itabapoana, todos estes sistemas hidrográficos são independentes e situados nas proximidades da bacia do rio Paraíba do Sul. Atualmente, não há evidências da ocorrência de populações selvagens de *B. insignis* na parte paulista da bacia do rio Paraíba do Sul, sendo que, a espécie ainda pode ser encontrada em algumas porções desta bacia, principalmente na parte fluminense, a jusante do rio Muriaé e no baixo rio Paraíba do Sul (Rosa e Lima, 2008).

Biologia básica e aplicada

Diferente de *B. opalinus*, para *B. insignis* não há muitos estudos com objetivos que auxiliam o conhecimento da biologia básica e o cultivo desta espécie em cativeiro. Estudo avaliando a influência da densidade de estocagem em cativeiro de *B. insignis* em juvenis foi realizado por Tolussi et al. (2010); testes com diferentes indutores (extrato hipofisário de carpa ou gonadotropina coriônica humana (hCG)) à maturação final e ovulação de *B. insignis*, ou seja, à reprodução artificial em cativeiro, indicam que o hCG é o mais efetivo entre os indutores (Andrade-Talmelli et al., 2002). Adicionalmente, análises estruturais dos oócitos, eventos pós-fertilização e desenvolvimento embrionário de *B. insignis* também foram descritos na literatura especializada (Andrade-Talmelli et al., 2001a; Isaú et al., 2011); assim como as características seminais após a aplicação de hCG (Andrade-Talmelli et al., 2001b); avaliação da criopreservação sobre a motilidade e crescimento larval (Viveiros et al., 2012b); determinação da razão ótima entre espermatozoides e oócitos induzidos

com extrato hipofisário (Shimoda et al., 2007); e variação genética das diferentes populações selvagens de *B. insignis* (Matsumoto e Hilsdorf, 2009). Desta forma, todos estes estudos indicam que o período reprodutivo de *B. insignis* estende-se de dezembro a fevereiro, sendo que, o macho torna-se maduro para reproduzir-se a partir do segundo (~20 cm) e a fêmea a partir do terceiro ano de vida (~25 cm) (Rosa e Lima, 2008). Ainda se faz necessária a elaboração de mais estudos sobre a reprodução da espécie em cativeiro, crescimento e engorda e avaliação genética das populações em ambiente natural.

Ameaças e estratégias de conservação

A drástica redução das populações de *B. insignis* na bacia do rio Paraíba do Sul, hoje restritas a apenas alguns pontos dessa bacia, é decorrente dos elevados níveis de degradação ambiental do rio Paraíba do Sul, a introdução de espécies exóticas, como o dourado (*S. brasiliensis*, altamente carnívoro), pois, esta espécie foi frequentemente associada pelos pescadores ao declínio de *B. insignis* e pode, de fato, ter em parte, contribuído para a diminuição das populações da piabanha. Outro fator que deve ter contribuído para o declínio de *B. insignis* na bacia desse rio é a presença de reservatórios (barragens e hidrelétricas), que, entre outros problemas, constituem um obstáculo para migração reprodutiva desta e das demais espécies de que apresentam o comportamento migratório reprodutivo (Rosa e Lima, 2008). Regra geral, entre as espécies do gênero, *Brycon* é a alta dependência do bom estado de conservação dos rios em que vive. Assim, os principais impactos que levam à redução ou mesmo ao desaparecimento das populações de *B. opalinus* e *B. insignis* são aqueles relacionados à perda ou descaracterização dos ambientes ripários, tais como destruição das matas ciliares, assoreamento, poluição (doméstica e industrial) e a presença de bloqueios artificiais nos rios, como, por exemplo, presença dos reservatórios (Rosa e Lima, 2008), como discutido anteriormente.

Presença em unidades de conservação

B. insignis esta presente na Estação de Hidrobiologia e Aquicultura de Paraibuna da CESP e Projeto Piabanha (ONG Projeto Piabanha). No entanto, poucos estudos vêm sendo realizado, como descrito acima.

Considerações finais

Diante de tudo que foi apresentado, fica claro que o trabalho realizado pelo PAN Paraíba do Sul seja mantido nas suas diferentes esferas de atuação. Do ponto de vista da esfera biológica, aprofundar do conhecimento da biologia básica das espécies-alvo, desenvolvimento e aprimoramento do cultivo das espécies ameaçadas de extinção em cativeiro, domínio do processo reprodutivo (principalmente no entendimento do bloqueio da reprodução em espécies migradoras quando cultivados em pisciculturas) e do desenvolvimento larval, realização de um programa de repovoamento e avaliar os estoques genéticos das populações selvagens e introduzidas, se tornam vitais para que o PAN Paraíba do Sul obtenha êxitos.

Por fim, este estudo sobre a ictiofauna ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul constitui uma maneira de reunir os dados, muitas vezes carentes e/ou dispersos (de diferentes autores), sinalizando as principais áreas carentes de informações biológicas dessas espécies ameaçadas. Todos estes resultados, obtidos por diferentes estudos e as futuras pesquisas a serem realizadas são importantes para a conservação. As espécies aqui relatadas encontram-se na lista de espécies ameaçadas de extinção e, este fato contribui para uma ação urgente no conhecimento da biologia desses animais, para que, estas espécies não corram o risco de serem extintas sem nem mesmo terem sido estudadas, premissa básica para um futuro trabalho de repovoamento e/ou conservação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Unidade de Hidrobiologia e Aquicultura da CESP e seus funcionários pelo apoio técnico e manutenção dos animais experimentais em cativeiro. Agradecemos também a toda equipe do LAMEROA (IB/USP) e LAGOAA (NIB/UMC). Os recursos financeiros provêm da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos: 2005/51302-0, 2007/55494-7, 2007/57110-1, 2008/57687-0, 2011/50288-5 e 2014/16320-7), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo: 304233/2009-9) e pela *International Foundation for Science* (Processo: A/5351-1).

Referências bibliográficas

- Abe KT, Mariguela TC, Avelino GS, Foresti F, Oliveira O. 2014. Systematic and historical biogeography of the Bryconidae (Ostariophysi: Characiformes) suggesting a new rearrangement of its genera and an old origin of Mesoamerican ichthyofaunal. *Evolutionary & Developmental Biology* 14:152.
- Agostinho AA, Gomes LC, Pelicice FM. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá, Eduem.
- ANA (Agência Nacional de Águas). 2016. Página oficial. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaarrecadacao/Cobranca_Legislacao.aspx>. Acessado em 08 de agosto de 2016.
- Andrade-Talmelli EF, Kavamoto ET, Fenerich-Verani N. 2001b. Características seminais da piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1876), após estimulação hormonal. *Boletim do Instituto de Pesca* 27:149-154.
- Andrade-Talmelli EF, Kavamoto ET, Narahara MY. 2002. Reprodução induzida da piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1876), mantida em cativeiro. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31:803-811.
- Andrade-Talmelli EF, Kavamoto ET, Romagosa AE, Fenerich-Verani N. 2001a. Embryonic and larval development of the "Piabanha", *Brycon insignis*, Steindachner, 1876 (Pisces, Characidae). *Boletim do Instituto de Pesca* 2:21-28.
- Araújo JRS, Nunan GW. 2005. Ictiofauna do rio Paraíba do Sul: danos ambientais e sociais causados por barragens, hidrelétricas e poluição no trecho fluminense. CPDM-ALERJ.

- Armbruster JW. 1998. Phylogenetic relationships of the suckermouth armored catfish of the *Rhinelepis* group (Loricariidae: Hypostominae). *Copeia* 3:620-636.
- Barroso RMT, Hilsdorf AWS, Moreira HLM, Cabello PH, Traub-Cseko YM. 2005. Genetic diversity of wild and cultured populations of *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819) (Characiforme, Characidae, Bryconinae) using microsatellites. *Aquaculture* 247:51-65.
- Biota. 2010. MG. Biota. Boletim técnico científico da diretoria de biodiversidade do Instituto Estadual de Florestas – MG. Belo Horizonte.
- Brasil. 2004. Instrução normativa nº 05 de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente.
- Brasil. 2009. Portaria conjunta Ministério de Meio Ambiente e Instituto Chico Mendes de Conservação de Biodiversidade nº 316, de 9 de setembro.
- Brasil. 2014. Decreto nº 60.133 de 07 de fevereiro de 2014. Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo.
- Caneppele D, Honji RM, Hilsdorf AWS, Moreira RG. 2009. Induced spawning of the endangered Neotropical species *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae). *Neotropical Ichthyology* 7:759-762.
- Caneppele D, Sanches EA, Romagosa E. 2015. Sperm production of *Steindachneridion parahybae* (Steindachner 1877) and the effect of hormonal induction throughout one reproductive cycle. *Journal of Applied Ichthyology* 31:54-61.
- Castro RMC, Vari RP. 2004. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) a phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology*.
- CESP (Companhia Energética de São Paulo). 2006. 40 peixes do Brasil. CESP 40 anos. Dois, Rio de Janeiro.
- Coppetec. 2007. Plano de recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul. Análise dos impactos e das medidas mitigadoras que envolvem a construção e operações de usinas hidrelétricas. Associação pró-gestão das águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (AGEVAP).
- CRBio2. 2009. Rio Paraíba do Sul pede socorro. Disponível em: <<http://www.crbio02.gov.br/img/arq/revistas/Mar09.pdf>>. Acessado em: 03 de agosto de 2016.
- FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). 2013. Research to advance the knowledge on climate change. FAPESP Research program on Global Climate Change.
- Garavello JC. 2005. Revision of genus *Steindachneridion* (Siluriformes: Pimelodidae). *Neotropical Ichthyology* 3:607-623.
- García-Carreño FL, Albuquerque-Cavalcanti C, Del Toro MAN, Zanboni-Filho E. 2002. Digestive proteinases of *Brycon orbignyanus*: characteristics and effects of protein quality. *Comparative Biochemistry Physiology Part B* 132:343-352.
- Gomiero LM, Braga FMS. 2006. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Brycon opalinus* (Pisces, Characiformes) no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 28:135-141.
- Gomiero LM, Braga FMS. 2007. Reproduction of Pirapitinga do Sul (*Brycon opalinus* Cuvier, 1819) in the Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Santa Virgínia, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67:541-549.
- Gomiero LM, Briani DC, Giasson LOM. 2006. Vertebrados consumidos por *Brycon opalinus* (Pisces, Characidae) em rios do Parque Estadual da Serra do Mar, SP. *Biota Neotropica* 6(3):1-5.
- Gomiero LM, Carmassi AL, Braga FMS. 2007. Crescimento e mortalidade de *Brycon opalinus* (Characiformes, Characidae) no Parque Estadual da Serra do Mar, Mata Atlântica, Estado de São Paulo. *Biota Neotropica* 7:21-26.
- Gomiero LM, Manzatto AG, Braga FMS. 2008. The role of riverine forests for food supply for the omnivorous fish *Brycon opalinus* Cuvier, 1819 (Characidae) in the Serra do Mar, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 68:321-328.
- Gonçalves VK. 2006. O desastre de Cataguases: uma caricatura do risco. 58ª Reunião Anual da SBPC. Florianópolis-SC.
- Hilsdorf AWS, Azeredo-Espin AML, Krieger MH, Krieger JE. 2002. Mitochondrial DNA diversity in wild and cultured populations of *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819) (Characiformes, Characidae, Bryconinae) from the Paraíba do Sul, Brazil. *Aquaculture* 214:81-91.
- Hilsdorf AWS, Petrere M. 2002. Conservação de peixes na bacia do rio Paraíba do Sul. *Ciência Hoje* 180: 62-65.
- Honji RM, Caneppele D, Moreira RG. 2013. Caracterização macroscópica das gônadas durante a reprodução induzida em cativeiro do surubim do Paraíba. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48:1110-1114.
- Honji RM, Caneppele D, Hilsdorf AWS, Moreira RG. 2009. Threatened fishes of the world: *Steindachneridion parahybae* (Steindachner, 1877) (Siluriformes: Pimelodidae). *Environmental Biology of Fishes* 85:207-208.
- Honji RM, Caneppele D, Pandolfi M, Lo Nostro FL, Moreira RG. 2011. The brain-pituitary axis structure in captivity reared females of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes). *Indian Society for Education and Environment* 4:30-31.
- Honji RM, Caneppele D, Pandolfi M, Lo Nostro FL, Moreira RG. 2015. Gonadotropins and growth hormone family characterization in an endangered Siluriform species, *Steindachneridion parahybae* (Pimelodidae): relationship with annual reproductive cycle and induced spawning in captivity. *The Anatomical Records* 298:1644-1658.
- Honji RM, Caneppele D, Pandolfi M, Moreira RG. 2012b. Studies on the brain-pituitary-gonads axis of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) females when reproductive migration is blocked. 7th International Symposium on Fish

- Endocrinology.
- Honji RM, Medrado AT, Mazzoni TS, Caneppele D, Moreira RG. 2014. Sex differentiation in the endangered Neotropical species *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae): a cytogenetic and morphological study. 10th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish.
- Honji RM, Ramallo MR, Morandini L, Moreira RG. 2016. New contributions on distribution and localization of the neurons of arginine-vasotocin in *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae). 8th International Symposium on Fish Endocrinology.
- Honji RM, Tolussi CE, Mello PH, Caneppele D, Moreira RG. 2012a. Embryonic development and larval stages of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) – implications for the conservation and rearing of this endangered Neotropical species. *Neotropical Ichthyology* 10:313-327.
- Honji RM. 2011. Controle do eixo hipotálamo-hipófise-gônadas do surubim do Paraíba *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) em relação ao ciclo reprodutivo e à reprodução em cativeiro. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- Isaú ZA, Rizzo E, Amaral TB, Mourad NMN, Viveiros ATM. 2011. Structural analysis of oocytes, post-fertilization events and embryonic development of the Brazilian endangered teleost *Brycon insignis* (Characiformes). *Zygote* 21:85-94.
- Ituassú DR, Cavero BAS, Fonseca FAL, Bordinhon AM. 2005. Cultivo de curimatã (*Prichilodus* spp). In: Baldissotto B, Gomes LC, editores. *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Ed. UFSM, Santa Maria, p67-79.
- Lima FCT, Castro RMC. 2000. *Brycon* vermelha, a new species of characid fish from the rio Mucuri, a coastal river of eastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 11:155-162.
- Lopes TS, Sanches EA, Okawara RY, Romagosa E. 2015. Chilling of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) embryos. *Theriogenology* 84:538-544.
- Lucas MC, Baras E. 2001. *Migration of freshwater fishes*. Blackwell Science.
- Machado CE, Abreu HCF. 1952. Notas preliminares sobre a caça e a pesca no Estado de São Paulo. A pesca no Vale do Paraíba. *Boletim de Indústria Animal* 13:145-160.
- Marques BS, Belei F, Sampaio WMS. 2013. Ictiofauna do baixo rio Manhuaçu (bacia do médio rio Doce). *Evolução e Conservação da Biodiversidade* 4:32-41.
- Matsumoto CKE, Hilsdorf AVS. 2009. Microsatellite variation and population genetic structure of a neotropical endangered *Bryconinae* species *Brycon insignis*, Steindachner, 1877: implications for its conservation and sustainable management. *Neotropical Ichthyology* 7:395-402.
- Mylonas CC, Fostier A, Zanuy S. 2010. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *General and Comparative Endocrinology* 165: 516-534.
- Narahara MY, Andrade-Talmelli EF, Kavamoto ET, Godinho HM. 2002. Reprodução induzida da pirapitinga-do-Sul, *Brycon opalinus* (Cuvier, 1819), mantida em condições de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31:1070-1075.
- Nelson JS, Grande TC, Wilson MVH. 2016. *Fishes of the world*. Fifth Edition. Wiley.
- Nogueira MG, Henry R, Jorcini A. 2005. *Ecologia de reservatórios*. Rima, São Carlos.
- Okawara RY, Sanches EA, Caneppele D, Damasceno DZ, Romagosa E. 2015. Ovulation and initial rearing of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae) larvae from different accumulated thermal units. *Ichthyological Research* 62:495-503.
- Oliveira AV. 2015. Avaliação de técnicas de conservação de sêmen de *Prochilodus vimboides* e *Prochilodus lineatus*. Universidade Federal de Viçosa.
- Oliveira JC, Moraes DF. 1997. Dados adicionais à descrição de *Steindachneridion parahybae* (Steindachner, 1876) (Teleostei, Siluroidei, Pimelodidae). *Boletim do Museu Nacional Rio de Janeiro* 384:1-11.
- Orfão LH, Nascimento AF, Corrêa FM, Cosson J, Viveiros ATM. 2011. Extender composition, osmolality and cryoprotectant effects on the motility of sperm in the Brazilian endangered species *Brycon opalinus* (Characiformes). *Aquaculture* 311:241-247.
- Orfão LH. 2010. *Diversidade Genética de Populações e Criopreservação de Sêmen de pirapitinga-do-Sul*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras.
- Oyakawa OT, Menezes NA. 2011. Checklist dos peixes de água doce do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* 11:1-13.
- Polaz CNM, Bataus YSL, Desbiez A, Reis ML. 2011. Plano de ação nacional para a conservação das espécies aquáticas ameaçadas de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul. *Série Espécies Ameaçadas*.
- Polaz CNM, Bataus YSL. 2013. Informa PAN PS 1:1-14. Acessado em 04 de agosto de 2016.
- Polaz CNM, Bataus YSL. 2014. Informa PAN PS 8:1-22. Acessado em 04 de agosto de 2016.
- Polaz CNM, Bataus YSL. 2015. Informa PAN PS 19:1-19. Acessado em 04 de agosto de 2016.
- Polaz CNM, Bataus YSL. 2016a. Informa PAN Paraíba do Sul 32:1-6. Acessado em 04 de agosto de 2016.
- Polaz CNM, Bataus YSL. 2016b. Informa PAN Paraíba do Sul 32:1-2. Acessado em 04 de agosto de 2016.
- Quevedo RQ, Reis RE. 2002. *Pogonopoma obscurum*: a new species of Loricariid catfish (Siluriformes: Loricariidae) from southern Brazil, with comments on the genus *Pogonopoma*. *Copeia* 2:402-410.
- Rocha ML. 2006. A Importância do Projeto Básico Ambiental. *Revista Furnas* 333:12-13.
- Rosa RS, Lima FCT. 2008. Peixes. In: Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP, editors. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. Biodiversidade 19. Brasília, DF p9-275.
- Sanches EA, Marcos RM, Okawara RY, Caneppele D,

- Bombardelli RA, Romagosa E. 2013. Sperm motility parameters for *Steindachneridion parahybae* based on open-source software. *Journal of Applied Ichthyology* 29:1114-1122.
- Sanches EA, Okawara RY, Caneppele D, Neumann G, Bombardelli RA, Romagosa E. 2014. Storage of *Steindachneridion parahybae* oocytes at different temperatures. *Animal Reproduction Sciences* 151:262-268.
- Sanches EA, Okawara RY, Caneppele D, Toledo CPR, Bombardelli RA, Romagosa E. 2015. Sperm characteristics of *Steindachneridion parahybae* (Steindachner, 1877) throughout 112 h of storage at four temperature. *Journal of Applied Ichthyology* 31:79-88.
- São Paulo. 2013/2014. Situação dos recursos hídricos no Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos.
- Shimoda E, Andrade DR, Vidal Júnior MV, Godinho HP, Yasui GS. 2007. Determinação da razão ótima de espermatozoides por ovócitos de piabanha *Brycon insignis* (Pisces, Characidae). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59:877-882.
- Smith WS, Biagioni RC, Halcsik L. 2013. Fish fauna of floresta nacional de Ipanema, São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* 13:175-181.
- Souza G, Melo EJT, Caramaschi EP, Andrade DR, Monteiro LR. 2015. Early development and allometric growth patterns of the grumatã (*Prochilodus vimboides* Kner, 1859). *Zygote* 24:428-441.
- Tolussi CE, Hilsdorf AWS, Caneppele D, Moreira RG. 2010. The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). *Aquaculture* 310:220-228.
- Vieira F, Gasparini JL. 2007. Os Peixes Ameaçados de Extinção no Estado do Espírito Santo. In: Passamani M, Mendes SL, organizadores. 2007. Espécies da fauna ameaçadas de extinção no estado do Espírito Santo. Vitória p87-104.
- Viveiros ATM, Isaú ZA, Caneppele D, Leal MC. 2012a. Sperm conservation affects postthaw motility, but not embryogenesis or larval growth in the Brazilian fish *Brycon insignis* (Characiformes). *Theriogenology* 78:803-810.
- Viveiros ATM, Orfão LH, Nascimento AF, Corrêa FM, Caneppele D. 2012b. Effects of extenders, cryoprotectants and freezing methods on sperm quality of the threatened Brazilian freshwater fish pirapitinga-do-sul *Brycon opalinus* (Characiformes). *Theriogenology* 78: 361-368.
- WCD (World Commission on Dams). 2000. Dams and development: a new framework for decision-making. The report of the World Commission on Dams. London; Sterling: Earthscan Publishing.
- Zanata AM. 2000. Estudo das relações filogenéticas do gênero *Brycon*, Muller & Troschel, 1844 (Characidae; Characiformes). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- Zohar Y, Mylonas CC. 2001. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture* 197: 99-136.

Distribution and identification of the genus *Biomphalaria* Preston (1910): important insights into the epidemiology of Schistosomiasis in the Amazon region

Tatiane Alencar Lopes¹, Stella Yasmin Lima Nobushige¹, Ana Paula Santos Silva², Christiane de Oliveira Goveia³, Martin Johannes Enk³, Iracilda Sampaio², João Bráulio de Luna Sales⁴ e Luis Fernando da Silva Rodrigues Filho^{5*}

¹ Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Estácio/Faculdade de Castanhal (FCAT), Castanhal, Pará.

² Universidade Federal do Pará, Laboratório de Genética e Biologia Molecular, Campus de Bragança Bragança/PA, Brasil.

³ Instituto Evandro Chagas (IEC), Laboratório de Parasitoses Intestinais, Esquistossomose e Malacologia.

⁴ Universidade Federal do Pará, Campus Universitário do Marajó-Breves, Faculdade de Ciências Naturais (FACIN), Breves-PA.

⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Universitário de Capanema, Faculdade de Ciências Biológicas, Capanema/PA, Brasil.

*Contato: lfsrf@yahoo.com.br

Recebido: 13jun16

Aceito: 04ago17

Publicado: 04/08/17

Editado por

Davidson Sodré

e revisado por

Anônimo

Abstract. Schistosomiasis is a disease transmitted by flatworms of the species *Schistosoma mansoni* (Sambon, 1907). The spread of the disease is dependent on the presence of snails of the genus *Biomphalaria* (intermediate hosts). In Brazil, while 11 species and one subspecies have been identified, only three – *B. glabrata*, *B. straminea* and *B. tenagophila* – are known to eliminate cercariae into the environment. However, only *B. peregrina* and *B. amazonica* are susceptible to infection in the laboratory. Research on schistosomiasis and its intermediate hosts in Brazil is restricted to the country's southern and southeastern regions, and little is known of the occurrence of *Biomphalaria* in the Amazon region, where the disease is probable endemic due to the ideal environmental conditions and the availability of hosts. Data on the occurrence of this genus are essential for epidemiological studies of schistosomiasis, given that the confirmation of its occurrence in a given region, and the correct identification of the species, are fundamental to the development of effective strategies for the prevention and control of schistosomiasis.

Keywords. *Biomphalaria*, identification, molecular.

Schistosomiasis: *Schistosoma mansoni* and *Biomphalaria*

Mansonic schistosomiasis is a disease that has affected human populations for thousands of years. Data from the World Health Organization (WHO) shows that this is one of the most widespread parasitosis in the world and the most common of those dispersed by water (Nomura *et al.*, 2007). Schistosomiasis is a persistent disease, which has spread through anthropogenic modifications of the environment, as well as the migration of populations from endemic areas to new regions, reinforced by the lack of adequate sanitation (Silva, 2013).

In 1847, Fujii described the clinical features of the parasitosis in Japan, although the parasite itself was first described by Bilharz in Egypt in 1852. The etiological agent is a flatworm of the Class Trematoda, Genus *Schistosoma*. The trematode family Schistosomatidae is divided into two subfamilies – the Bilharzielinae, which parasitizes birds and some domestic animals, and the Schistosomatinae, composed of species that parasitize humans and wild

animals. The latter includes species medically important such as *Schistosoma mansoni* (Sanbon, 1907), *S. haematobium* (Bilharz, 1852), *S. japonicum* (Katsurada, 1904), *S. mekongi* (Voge, Brickner & Bruce, 1978) and *S. intercalatum* (Fischer, 1934).

The introduction of these parasites into Brazil occurred through the importation of African and Asian slaves infected with the parasite. While a number of individuals were found to be infected by *S. haematobium* and *S. japonicum*, only *S. mansoni* has become established due to the availability of favorable conditions and compatible hosts. In Brazil, the disease is known popularly as “water belly”, “bilharzia”, “schistosis” or the “snail disease” (Neves, 2011). Currently, schistosomiasis occur in 54 countries, principally in Africa and the Americas. In South America, the disease occurs principally in Brazil, the Caribbean, and Venezuela. In Brazil, this parasitosis has been reported in the Federal District and 18 states – Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte (coastal zone), Maranhão, Piauí, Ceará,

Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, and Goiás (Brasil, 2009).

The transmission of *S. mansoni* occurs in freshwater habitats inhabited by snails of the genus *Biomphalaria*, which are involved in an important phase of the life cycle of this trematode. *S. mansoni* has a heteroxenous life cycle, which was described for the first time independently by Leiper in Egypt, in 1915, and by Lutz, in Brazil, in 1916. When adult, both male and female *S. mansoni* parasitize the mesenteric venules of their primary host (man), in which the sexual phase occurs. Approximately 300 eggs are eliminated daily in the feces of the host, which then hatch and develop in freshwater ecosystems over a period of around seven days in their ciliate, asexual larval form, the miracidia, which infects snails of the genus *Biomphalaria*, the secondary host (Neves, 2011).

In these mollusks, the miracidia are transformed into sac-shaped structures known as primary sporocysts, in which germinal cells proliferate, which produce secondary sporocysts that liberate cercaria. This asexual reproduction phase lasts four to five weeks, depending on the temperature. The cercaria eliminated by the secondary host are free-swimming and are able to penetrate the skin and blood vessels of several vertebrates, including humans where complete the parasite's life cycle (Rey, 2011).

The Genus *Biomphalaria*

The intermediate host of *S. mansoni* are snails of the genus *Biomphalaria* belonging to the Family Planorbidae, Order Basommatophora, Class Gastropoda, Phylum Mollusca. The name of the genus was proposed by Preston (1910), based on the Latin *Bis* (double) and *omphalos* or navel (Figure 1), which refers to depression found on either side of the central curve of the snail (Paraense, 1975).

The ideal temperature for the development of *Biomphalaria* ranges between 20° and 30°C, although it may tolerate temperatures as low as 18°C and as high as 32°C (Rey, 2011). This temperature range is typical of much of Brazil. Other factors also favor the development of the species, such as neutral to alkaline pH (7–8), relatively clear, shallow and slow-moving (< 30 cm/s) water, with muddy or rocky bottoms and vegetation growing near the margins. Salinity should also be lower than 3 per 1000, although individuals have been found in water with a salinity of up to 6000 mg/l (Rey, 2011; Grisolia and Freitas, 1985).

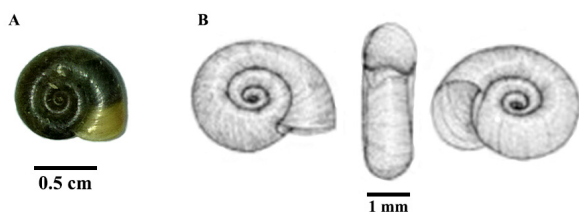


Figure 1: Snail shell from genus *Biomphalaria*. A: Focus on central depression present on both sides (Personal file); B: Schematic image of the shell of *Biomphalaria straminea*. Source: Silva (2013).

The snails of this genus inhabit aquatic habitats, either lentic or lotic, and are found on the margins of rivers, lakes, swamps and ditches. Population density tends to be higher in artificial environments, such as ditches and reservoirs, rather than natural habitats (Rey, 2011; Cunha, 1970). These snails feed primarily on algae, organic slime, bacteria, the excrement of other animals, leaves and other parts of aquatic plants (Teodoro, 2009; Neves, 2011).

These mollusks are able to tolerate major changes in the physical-chemical conditions of the environments they inhabit, due to their behavioral adaptations for survival in unfavorable conditions, such as their ability to estivate in the soil to protect themselves from changes in the environment, dehydration, predation, and washing away. Some species of *Biomphalaria* have been found buried in the soil at depths of up to 40 cm in areas treated with molluscicides (Paraense, 1955 and 1975). All the behavioral and biological characteristics of these snails favor their spread and proliferation.

Distribution patterns of *Biomphalaria* and the irrelevance to the epidemiology of schistosomiasis

The genus *Biomphalaria* has a worldwide distribution, with 26 species in the New World (Dejong et al., 2001). In South America, 22 species of *Biomphalaria* have been recorded and a total of 11 species are known to occur in Brazil – *B. glabrata* (Say, 1818), *B. tenagophila* (Orbigny, 1835), *B. straminea* (Dunker, 1948), *B. peregrina* (Orbigny, 1835), *B. schrammi* (Crosse, 1864), *B. kuhniiana* (Clessin, 1883), *B. intermedia* (Paraense and Deslandes, 1962), *B. amazonica* (Paraense, 1966), *B. cousini* (Paraense, 1966), *B. oligoza* (Paraense, 1975), *B. occidentalis* (Paraense, 1981), and *B. tenagophila guaibensis* (Paraense, 1984) (Tibiriçá, 2006; Neves, 2011). Of these species, four are infected naturally – *B. glabrata*, *B. straminea*, *B. tenagophila* and *B. prona* (Martens, 1873) – although experimental studies have confirmed the susceptibility of other species, such as *B. amazonica*, *B. peregrina*, *B. cousini* and *B. havannensis* (Paraense, 1966; Corrêa and Paraense, 1971; Paraense and Corrêa, 1973; Teodoro 2009 and 2010; Ohlweiler and Kawano, 2002).

B. glabrata is considered to be the most efficient vector due to its pronounced susceptibility to infection, whereas *B. straminea* is highly resistant to infection by *S. mansoni*, and is biologically less efficient in the production of cercaria in comparison with *B. glabrata* (Barbosa and Silva, 1992). Even so, *B. straminea* is important for the epidemiological transmission, due to its ample geographic distribution, and its ability to invade and colonize bodies of water. In fact, these species are present in areas with high levels of schistosomiasis (Favre et al., 1995).

The prevalence of the disease in most Brazilian states is due primarily to the country's long history of migrations, resulting in the transfer of the parasite to an ample range of localities (Nomura et al., 2007). The completion of the transmission cycle of this helminth is dependent on the availability of a series of factors associated with the interactions of the host, parasite, and the environment, such as the local occurrence of snails of

the genus *Biomphalaria* (secondary host) susceptible to *S. mansoni* (Moraes *et al.*, 2014) and favorable conditions, including chemical-physical and biological factors like the composition of the soil, salinity, pH, pollution, nutrients, temperature, dissolved oxygen, conductivity (Rey, 2011). Populations of *Biomphalaria* are nevertheless affected adversely by factors such as anthropogenic impacts, predation, competition and climatic variations (Tibiriçá, 2006).

A large number of papers have focused on the distribution of the three natural host species, *B. glabrata* (Say, 1818), *B. straminea* (Dunker, 1848) and *B. tenagophila* (Orbigny, 1835). The identification of the geographic distribution of the mollusks determines the physical space within which the transmission of *S. mansoni* may occur, and the availability of these data is essential to the development of effective programs for the control of the disease (Teles *et al.*, 1991).

Paraense (1970) published the first map of the distribution of the secondary hosts of schistosomiasis in Brazil, which was subsequently updated a number of times (Carvalho *et al.*, 2008). In their book, Carvalho *et al.* (2008) present the distribution of *B. glabrata*, *B. straminea* and *B. tenagophila* by Brazilian states and municipalities, based on occurrence data. These data show that at least one of the three hosts species of *S. mansoni* has been reported in 24 of the 26 Brazilian states, as well as the Federal District (Figure 2).

The distribution of *B. glabrata* is almost always associated with that of schistosomiasis, given its 91.6% susceptibility to the parasite, as well as its ability to eliminate an average up to 4500 cercaria per day (Tibiriçá, 2006). Just *B. glabrata* has been recorded in 16 Brazilian states (Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, and Sergipe), as well as the Federal District, and in 806 municipalities. In the state of Pará, the northernmost extreme of the distribution of the species is the municipality of Quatipuru (0°53'58" S). Its occurrence has also been recorded in the municipalities of Belém, Bragança, Capanema, Irituia, Primavera, Quatipuru and Viseu (Rodrigues *et al.*, 1993; Carvalho *et al.*, 2008).

In turn, *B. straminea* has been recorded in 1325

municipalities in 24 Brazilian states (Acre, Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe, Tocantins, and Roraima), as well as the Federal District (Carvalho *et al.*, 2008).

Distribution of *Biomphalaria* in the Amazon region

The malacological fauna of the Amazon region (northern Brazil) has been the subject of a number of studies that have focused on systematics and epidemiology (Corrêa and Paraense, 1971; Rodrigues *et al.*, 1993). *Biomphalaria* is the most widespread snail Genus found in Brazilian state of Pará, where two species involved in the transmission of schistosomiasis – *B. glabrata* and *B. straminea* – are well-established in the northeast of the state (Rodrigues, 2013; Santos *et al.*, 2002).

Paraense (1986) concluded that *B. straminea* is a species best adapted to the variety of climates and ecological conditions found in Brazil, and that the existence of localities where the species was not known to exist was due primarily to a lack of adequate research, rather than the absence of the species. In Pará, its occurrence has been reported in the municipalities of Alenquer, Altamira, Ananindeua, Belém, Belterra, Bragança, Breves, Capanema, Igarapé-Açú, Irituia, Itaituba, Monte Alegre, Nova Timboteua, Oriximiná, Primavera, Quatipuru, Santa Isabel do Pará, Santarém, and Viseu (Carvalho *et al.*, 2008). Nunes & Rodrigues (2007) recorded *Biomphalaria* in 35 of the 70 neighborhoods of Belém, capital of Pará, with cases of schistosomiasis being notified in 20. In Pará, two species, *B. glabrata* and *B. straminea*, are found in freshwater, both natural and artificial, where they are perfectly adapted to the local environmental conditions. The principal breeding grounds of these planorbids are located in the municipalities of Belém, Castanhal, Capanema, Quatipuru, Primavera, Bragança, Cachoeira do Piriá, Irituia and Km-74, where the transmission of schistosomiasis is active (Rodrigues *et al.*, 1993; Carvalho *et al.*, 2008), continuing further east to the municipality of Viseu and the low and plains of the neighboring state of Maranhão.

The occurrence of other *Biomphalaria* species in



Figure 2: Map of the distribution of the genus *Biomphalaria* and its association with schistosomiasis. A: Distribution of schistosomiasis; B: Occurrence of *B. glabrata*. C: Occurrence of the specimens of *B. straminea*. D: Occurrence of the specimens of *B. tenagophila*. Source: Carvalho *et al.* (2008).

northern Brazil has yet to be confirmed due to the vast area of the region and the lack of malacological researchers. However, Nomura *et al.* (2007) reported 31 positive cases of *Schistosoma mansoni* in the municipality of Carajás between January 2004 and December 2005.

Machado & Martins (1951) recorded the first autochthonous cases of the disease in the municipality of Itaituba, which is the result of the immigration of colonists from northeastern Brazil. In 1959, an outbreak of schistosomiasis was recorded in Quatipuru, Pará, followed by Belém, the state capital, in 1968. Paraense (1986) and Bichara *et al.* (1997) subsequently recorded autochthonous cases on Marajó Island and in Altamira.

Identification of *Biomphalaria* species

In epidemiological studies of schistosomiasis, one of the most important tasks is to identify the source of transmission. This source is detected through the identification of the areas affected by the host mollusk, and infected by *S. mansoni*, given that the occurrence of the disease is typically linked to the presence of snails (Conceição and Coura, 2012; Carvalho *et al.*, 2008; Paraense, 1972; Rey, 2011). While the identification of these species is based traditionally on the comparison of the external morphology of the shell and the renal and reproductive organs, the similarities among the *Biomphalaria* species, due primarily to their small size, which is accentuated in the juvenile forms, hampers the reliable identification of taxa (Paraense, 1975; Melo, 2006).

Molecular epidemiology has been advancing in recent years due to the difficulty of identifying species reliably by traditional methods, which often lead to false positive or negative results. These methods involve the use of molecular techniques for the identification of species, in particular planorbids of extremely reduced size, which are difficult to determine conclusively, based on the characteristics of the shell (Traub *et al.*, 2005; Caldeira *et al.*, 2009). Molecular tools are also useful for the evaluation of phylogenetic patterns at the supraspecific level. In this context, an appropriate molecular marker must be selected for the problem in hand (Solé-Cava, 2001). Molecular tools thus provide an essential approach to the identification of specimens, which is especially important in Brazil, given the varying levels of susceptibility and epidemiological importance of the different species, and the extent of their geographic ranges (Melo, 2006; Paraense, 1975).

Different approaches may focus on either the mitochondrial (mtDNA) or nuclear (nDNA) genomes. For example, the Polymerase Chain Reaction analysis of Restriction Fragment Length Polymorphisms (PCR-RFLP) of the nuclear markers ITS1 and ITS2 is one of the most used approaches in studies of the systematics of *Biomphalaria* (Caldeira *et al.*, 2000; Vidigal *et al.*, 2001; Velásques *et al.*, 2002; Spatz *et al.*, 1999; Teodoro *et al.*, 2010).

Using the PCR-RFLP technique to analyze an internal spacer fragment transcribed (ITS) rRNA gene, Vidigal *et al.* (2000) confirmed the efficiency of this method in the identification of 10 species and subspecies of *Biomphalaria*

that occur in Brazil (species: *B. glabrata*, *B. tenagophila*, *B. occidentalis*, *B. kuhniiana*, *B. straminea*, *B. intermedia*, *B. pilgrim*, *B. oligoza*, *B. schrammi*, *B. amazonica*; subspecies: *B. t. guaibensis*). The results of this study revealed low levels of intraspecific polymorphism among the different regions of the country, but distinct ITS features among species, which constitute useful markers for the reliable identification of species.

Regarding the species *B. amazonica*, Vidigal *et al.* (2000) observed patterns of variation between two sampled locations, which requires a lot of attention in the taxonomic status of *B. amazonica*. This same technique was used to confirm the presence of polymorphisms in the transcribed spacers (ITS1 and ITS2) that led to the confirmation of the existence of a new species of planorbis, *Biomphalaria edisoni*, from Colombia (Estrada *et al.*, 2006).

The PCR-RFLP method has also proven effective for the definition of phylogenetic relationships and the identification of the *B. tenagophila* specimens collected in a number of different South American countries (Vidigal *et al.*, 2004). It has also been important for the analysis of patterns of polymorphism, phylogenetic relationships, divergence, and the possible existence of species complexes of *Biomphalaria* in the Vale do Parapanema region (Tuan and Santos, 2007).

The mitochondrial DNA is inherited maternally, lacks recombination and spacing sequences (introns), and is usually well conserved, but presents a high mutation rate in comparison with the nuclear DNA, given the more frequent substitution of bases, and the presence of genes that codify the ribosomal RNA, transporters, and polypeptides involved in oxidative phosphorylation, an integral process of the energetic metabolism of the mitochondria (Griffiths *et al.*, 2008). This set of characteristics of the mtDNA makes this genome favorable for studies of populations, intra- and inter-specific variation, and a variety of phylogenetic questions.

A number of mtDNA markers are widely-used, including the 16S gene and subunit 1 of the cytochrome C oxidase (COI) enzyme (Palumbi *et al.*, 1996). Sequences of the mitochondrial genes of two taxa of *Biomphalaria* (*B. tenagophila guaibensis* and *B. occidentalis*) from the Brazilian states of Rio Grande do Sul and São Paulo were used to estimate the levels of divergence of the *B. tenagophila* species complex and evaluate the potential of the mitochondrial COI and 16S for the identification of cryptic species (Tuan *et al.*, 2012). Silva (2013) confirmed that COI can be used as a complementary tool for morphological analyses.

Preliminary studies of the distribution and biogeography of *Biomphalaria*s in northern Brazil (Nobushige *et al.*, 2015; Lopes *et al.*, 2016) identified the species using mitochondrial (16S rRNA) and nuclear (ITS2) genes. The phylogenetic analyses identified *Biomphalaria kuhniiana* and a monophyletic group belonging to the *B. amazonica/B. cousini* complex. The planorbids *B. amazonica* and *B. kuhniiana* have already been recorded in the municipalities of Juruti and Parauapebas and in

the area of the Carajás Project (Rodrigues, 1995) (Figure 3). These authors amplified the distribution of the *B. amazonica*/*B. cousini* complex as far as the municipalities of Bragança and Quatipuru (northeastern Pará). The third species identified in the study was *B. straminea*, which is found in the municipalities of Castanhal and São Luis.

Given the rapid expansion of the disease, and the paucity of the available data, the distribution of the host species is not adequately understood. Another limiting factor is the small number of researchers focusing on the problem (Carvalho *et al.*, 2008). Published studies on the genus are restricted to southern and southeastern Brazil, highlighting the scarcity of data from the country's northern region. As the disease is probably endemic to

this region, given that the occurrence of schistosomiasis is intimately related to the local occurrence of specific hosts, given their role in the epidemiology of the disease, the reliable identification of the secondary hosts is essential to the expansions of the database and the development of effective preventive strategies for the control and combat of endemic schistosomiasis (Carvalho *et al.*, 2008).

This preliminary study presents important results, such as the amplification of the occurrence of *B. amazonica* in the northern region of Brazil, which constitute important components of the epidemiology of schistosomiasis in the region.

Comparative morphological analyses, primarily of the shell and the renal and reproductive organs, may

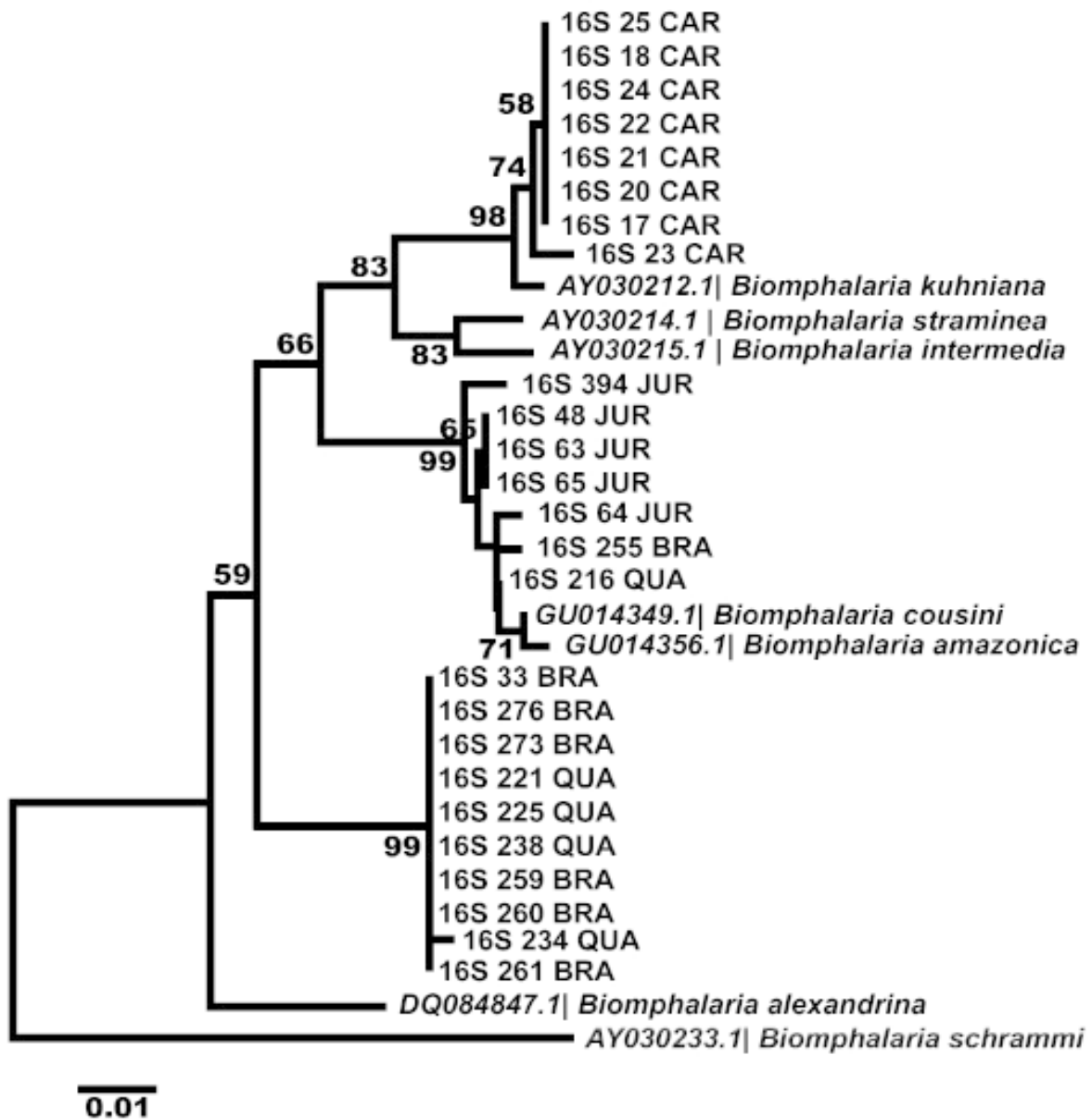


Figure 3: Phylogenetic tree of the *Biomphalaria* specimens collected in the Brazilian Amazon.

be impeded by factors such as the reduced size of some individuals, in particular immature specimens, the morphological similarities of many species, and the inadequate conservation of the specimens. Given these difficulties, molecular data provides vitally important clues for the identification of the specimens collected.

References

- BARBOSA, C. S.; SILVA, C. B.; Epidemiologia da esquistossomose mansônica no Engenho Bela Rosa, Município de São Lourenço da Mata, Pernambuco, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 8. n. 1. p. 83-87, 1992.
- BICHARA, C. N. C.; RODRIGUES, I. R. C.; SOARES, I. S. Esquistossomose mansônica. In: LEÃO, R. N. Q. *Doenças Infecciosas e Parasitárias. Enfoque Amazônico*. 1. ed. Belém: Cejup/IEC/UEPA, 1997. p. 687 - 699.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia de Vigilância Epidemiológica*. 7 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- CALDEIRA R.L.; JANNOTTI-PASSOS L.K.; CARVALHO O.S.; Molecular epidemiology of Brazilian *Biomphalaria*: A review of the identification of species and the detection of infected snails. *Acta Trop.* 2009;111:1-6.
- CALDEIRA, R. L.; VIDIGAL, T. H. D. A.; MARTINELA, L.; SIMPSON, A. J. G.; CARVALHO, O. S.; Identification of planorbids from Venezuela by polymerase chain reaction amplification and restriction fragment length polymorphism of ITS of the RNA ribosomal gene. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95: 171-177. 2000.
- CARVALHO, O. dos S.; COELHO, P. M. Z.; LENZI, H. L.; *Schistosoma mansoni* & Esquistossomose: uma visão multidisciplinar [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008. 1124 p. ISBN 978-85-7541-370-8.
- CONCEIÇÃO, M. J. C.; COURA, J. R.; 2012. Epidemiology of Schistosomiasis *Mansoni* in Brazil. *Schistosomiasis*, Prof. Mohammad Bagher Rokni (Ed.), ISBN: 978-953-307-852-6, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/schistosomiasis/epidemiology-of-schistosomiasis-mansoni-in-brazil>.
- CORRÊA, L.C.; PARAENSE, W.L.; Susceptibility of *Biomphalaria* amazônica to infection with two strains of *Schistosoma mansoni* *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 13. p.387-390, 1971.
- CUNHA, A.S. *Epidemiologia*, p.31-60. Em: Sarvier (Ed.). *Esquistossomose mansônica*. 1970. São Paulo, 411p.
- DEJONG, R.J.; MORGAN, J. A. T.; PARAENSE, W.L.; POINTIER, J. P.; AMARISTA, M.; AYEKUMI, P. F. K.; BABIKER, A.; BARBOSA, C. S.; BRÉMOND, P.; CANESE, A. P.; SOUZA, C. P.; DOMINGUEZ, C.; FILE, S.; GUITIERREZ, A.; INCANI, R. N.; KAWANO, T.; KAZIBWE, F.; KPIKPI, J.; LWAMBO, N. J. S.; MIMPFUNDI, R.; NJIOKOU, F.; PODA, J. N.; SENE, M.; VELÁSQUEZ, L. E.; YONG, M.; ADEMA, C. M.; HOFKIN, B. V.; MKOJI, G. M.; LOKER, E. S.; 2001. Evolutionary Relationships and Biogeography of *Biomphalaria* (Gastropoda: Planorbidae) with Implications Regarding Its Role as Host of the Human Bloodfluke, *Schistosoma mansoni*. *Molecular Biology and Evolution*, 18: 2225-2239.
- ESTRADA, V. E; VELÁSQUEZ, L. E.; CALDEIRA, R. L; BEJARANO, E. E; ROJAS, W; CARVALHO, O. S. Phylogenetics of South American *Biomphalaria* and description of a new species (Gastropoda: Planorbidae). *Journal of molluscan studies*, v. 72. n. 3. p. 221-228, 2006.
- FAVRE, T. C. ; BOGÉA, T. H. P. ; ROTENBERG, L. ; SILVA, H. S. ; PIERI, O. S. Cercarial Emergence of *Schistosoma mansoni* from *Biomphalaria glabrata* and *Biomphalaria straminea*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. Rio de Janeiro, v. 90. n. 5. p. 565-567. 1995.
- GRIFFITHS, A. J.F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; CARROLL, S. B. *Introdução à genética*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- GRISOLIA, M. L. M.; FREITAS, J. R.; 1985. Características físicas e químicas do habitat da *Biomphalaria tenagophila* (Mollusca, Planorbidae). *Men. Inst. Oswaldo Cruz*, 80 (2): 237-244.
- LOPES, T. A. ; NOBUSHIGE, S. Y. I. ; GOVEIA, C. O. ; ENK, M. J. ; SCHNEIDER, H. ; SAMPAIO, I.; RODRIGUES-FILHO, L. F. S. DETERMINAÇÃO GENÉTICA DAS Espécies de *Biomphalaria* Preston, 1910 na Amazônia Legal: Um importante grupo para a epidemiologia da Esquistossomose. In: *Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Zoologia*, 2016.
- MACHADO, W. G.; MARTINS, C. Um foco autóctone de schistosomose no Pará. *Hospital*. v. 39. n. 2. p. 289 - 290, 1951.
- MELO, F. L.; GOMES, A. L. V.; BARBOSA, C. S.; WEKHAUSER, R. P.; ABATH, F. G. C. Development of molecular approaches for the identification of transmission sites of schistosomiasis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, London, v. 100.p. 1049-1555, 2006.
- MORAES, C. N.; BICHARA, C. N. C.; PONTES, A. N.; PINTO, S. C. A.; GASPARETTO, D.; *Correlação De Criadouros De Biomphalaria sp., Hospedeiro Do Schistosoma Mansoni, Em Área De Baixa Infraestrutura Sanitária No Distrito De Mosqueiro, Belém, Pará. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Hygeia* 10 (18): 216 - 233, 2014.
- NEVES, D. P.; *Parasitologia Humana*. 2011. Editora Atheneu. 12º Edição. São Paulo
- NOBUSHIGE, S. Y. I. ; LOPES, T. A. ; GOVEIA, C. O. ; SAMPAIO, I. ; RODRIGUES-FILHO, L. F. S.. Identificação Molecular dos hospedeiros intermediários (*Biomphalaria* Preston, 1910) do *Schistosoma mansoni* na região Amazônica: resultados preliminares. In: *Anais do 4º Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia*, 2015.
- NOMURA, Y. M.; CAMARGOS, M. O.; BICHARA, C. N. C.; RODRIGUES, I. R. de C.; *Esquistossomose Mansônica Em Carajás, Pará, Brasil: Estudo Retrospectivo Realizado No Hospital Yutaka Takeda. Cad Saúde Colet (Rio J.)* 2007; 15:531-542.
- NUNES, C. V.; RODRIGUES, I. R. C. Distribuição de caramujos hospedeiros da esquistossomose mansoni em 10 bairros da periferia de Belém. *Caderno de Saúde Coletiva*, v. 15, n. 4. p. 439-448, 2007.
- OHLWEILER, F. P.; KAWANO, T. *Biomphalaria tenagophila* (Orbigny, 1835)(Mollusca): adaptation to desiccation and susceptibility to infection with *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v. 44. n. 4. p. 191-201, 2002.
- PALUMBI S.R.; MARTIN A.P.; ROMANO S.L.; MCMILLAN W.O.; STICE L.; GRABOWSKI G.; (1991) *The Simple Fool's Guide to PCR*. Dept. Of Zoology, University of Hawaii, Honolulu.
- PARAENSE WL. Planorbídeos hospedeiros intermediários do *Schistosoma mansoni*. In: Cunha AS (ed.) *Esquistossomose mansoni*, 1ª edição. Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 13-30, 1970.
- PARAENSE, W. L. A *Squistossomose mansoni* no Pará In: *MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Serviços de Saúde Pública. Instituto Evandro Chagas: 50 anos de contribuição*

- às ciências biológicas e à medicina tropical. Belém, v. 1. 1986. p. 207 - 219.
- PARAENSE, W.L. Estado atual da sistemática dos planorbídeos brasileiros. Arquivo Museu Nacional Rio de Janeiro, v.55. p. 105-128, 1975.
- PARAENSE, W.L. Fauna planorbídica do Brasil, p. 213 - 239, 1972. Apud Lacaz, C.S. et al., Introdução à geografia médica do Brasil. Edgard Blucher, Editora Universidade de São Paulo.
- PARAENSE, W.L. The synonymy and distribution of *Biomphalaria peregrina* in the Neotropical Region. *Revista Brasileira de Biologia*, v.26. p.269-296,1966.
- PARAENSE, W.L.; CORRÊA, L.R.; Susceptibility of *Biomphalaria amazônica* to infection with two strains of *Schistosoma mansoni* *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v.13, n.6, p.387-390, 1973.
- PARAENSE, W.L.; DESLANDES, N. Observations on the morphology of *Australorbis glabratus*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.53; p.87-103, 1955.
- REY, L. *Schistosoma* e esquistossomose: epidemiologia e controle. In: _____. *Parasitologia*, 4ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2011. p. 475-499.
- RODRIGUES, I.R.C.; - Esquistossomose. *Relatórios de Gestão do Instituto Evandro Chagas*, p.195, 2013.
- RODRIGUES, I.R.C.; - Esquistossomose. *Relatórios Internos do Instituto Evandro Chagas*, p.195, 1995.
- RODRIGUES, I.R.C.; PINHEIRO, A.S.; LIMA, J.C.; Esquistossomose mansoni no Pará: retrospectiva de cinco anos na zona bragantina. *Simpósio Internacional sobre Esquistossomose 4*, p. 202., 1993
- SANTOS, M. A. V.; SHAW, J. J.; RODRIGUES, I. R. C.; Infecção experimental em *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848) pigmentado e albino com *Schistosoma mansoni* procedentes de áreas endêmicas em Belém, Pará, Brasil. *Revista Paraense de Medicina*, v.16. n. 2. p.13-15, 2002.
- SILVA, C. R.; Identificação morfológica e molecular de espécies de *Biomphalaria* (Gastropoda: Planorbidae) na região do Alto Tietê. 2013. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura Ciências Biológica) - Instituto Federal de Ciências tecnológicas-SP. 2013.
- SOLÉ-CAVA, A. M. In: MATIOLI, S. R. (ed.). *Biologia Molecular e Evolução*. Ribeirão Preto: Holos, 2001, cap. 17 p. 172-186. Biodiversidade molecular e genética da conservação
- SPATZ L.; VIDIGAL T. H. D. A.; CALDEIRA R. L.; DIAS NETO E.; CAPPAS M. G.; CARVALHO O. S.; Study of *Biomphalaria tenagophila tenagophila*, *B. t. guaibensis* and *B. occidentalis* by polymerase chain reaction amplification and restriction enzyme digestion of the ribosomal RNA intergenic spacer regions. *J Molluscan Stud* 65: 143-149. 1999.
- TELES, H. M. S.; PEREIRA, P. A. C.; RICHINITTI, L. M. Z.; Distribuição de *Biomphalaria* (Gastropoda, Planorbidae) nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil. *Revista de Saúde Pública de São Paulo*, 25: 350-352, 1991.
- TEODORO, T. M.; Investigação da ocorrência de *Biomphalaria cousini* no Brasil e sua suscetibilidade ao *Schistosoma mansoni*. 2009. 19f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Ciências da Saúde do Centro de Pesquisas René Rachou, Belo Horizonte, 2009.
- TEODORO, T. M.; JANOTTI-PASSOS, L. K.; CARVALHO, O. S.; CALDEIRA, R. L.; Occurrence of *Biomphalaria cousini* (Mollusca: Gastropoda) in Brazil and its susceptibility to *Schistosoma mansoni* (Platyhelminths: Trematoda), *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Vol. 57, No. 1, pp. 144-151, ISSN 1055-7903(2010).
- TIBIRIÇÁ, S. H. C.; Identificação Morfológica e Molecular, Biometria, Abundância e Distribuição Geográfica de *Biomphalaria* spp. (Preston, 1910) (Mollusca, Planorbidae), no Município de Juiz de Fora, Minas Gerais. 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas- área de concentração comportamento em biologia animal). Universidade Federal de Fuis de Fora, 2006.
- TRAUB R.J.; MONIS P.T.; ROBERTSON L.D.; Molecular epidemiology: A multidisciplinary approach to understanding parasitic zoonoses. *Int. J. Parasitol.* 2005 Oct.; 35 (11-12): 1295-307.
- TUAN R.; OHLWEILER, F. P.; PALASIO, R.G.S.; ZANNA, R. D.; GUIMARÃES, M. C. A. Pattern of genetic divergence of mitochondrial DNA sequences in *Biomphalaria tenagophila* complex species based on barcode and morphological analysis. In: Rokni, M. B. (Ed.). *Schistosomiasis*, InTech, Rijeka, Croatia, 2012.
- TUAN R.; SANTOS P.; ITS2 variability of *Biomphalaria* (Mollusca, Planorbidae) species from the Paranapanema Valley (São Paulo State, BRAZIL): Diversity patterns, population structure, and phylogenetic relationships. *Genetics and Molecular Biology*, v. 30, n. 1, p. 139-144, 2007.
- VELÁSQUES, L. E.; CALDEIRA, R. L.; ESTRADA, V.; CARVALHO, O. S.; 2002. Morphological and polymerase chain reaction- restriction fragment polymorphism characterization of *Biomphalaria kunhiana* and *Biomphalaria amazonica* from Colômbia. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 97: 997- 1004.
- VIDIGAL, T. H. D. A.; CALDEIRA, R. L.; SIMPSON, A. J. G.; CARVALHO, O. S.; 2000. Further Studies on Molecular Systematics of *Biomphalaria* snails from Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 95(1): 57-66.
- VIDIGAL, T. H. D. A.; CALDEIRA, R. L.; SIMPSON, A. J. G.; CARVALHO, O. S.; 2001. Identification of *Biomphalaria havanensis* and *Biomphalaria obstructa* populations from Cuba using polymerase chain reaction and restriction fragment length polymorphism of ribosomal RNA intergenic spacer. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96: 661-665.
- VIDIGAL, T. H. D. A.; MAGALHÃES, K. G.; CARVALHO, O. S. Polymerase chain reaction and restriction fragment length polymorphism analysis of the ITS2 region for differentiation of Brazilian *Biomphalaria* intermediate hosts of the *Schistosoma mansoni*. *Revista Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 37. n. 4. p. 351-353, jul.-ago. 2004.