

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

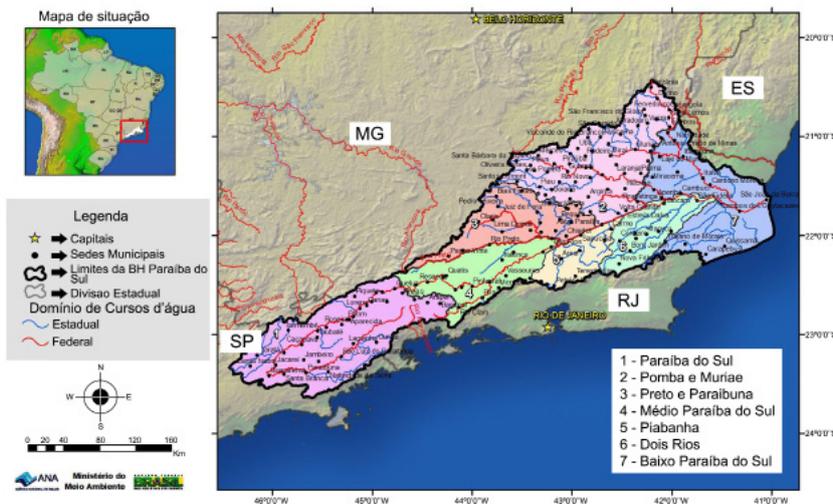


Figura 1. Localização da bacia do rio Paraíba do Sul, abrangendo os estados de São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Minas Gerais (MG), Brasil. Modificado de ANA, 2016.

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 à 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 teleósteos 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 teleósteos 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 teleósteos), 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 teleósteos 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 a 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; 3) e 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, podem apresentar-se caracterizadas 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

a 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 reofílicas, 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 curimatã ou grumatã (Classe: Actinopterygii; Superordem: Ostariophysi; Ordem: Characiformes; Família: Curimatidae) é uma espécie de médio a grande porte, com grandes escamas ásperas, reofílico (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 realizado, 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 Characi-



Figura 5: *Brycon opalinus* (Curvier, 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.

formas (Classe: Actinopterygii; Superordem: Ostariophysi), abrange cerca de 1.300 espécies de peixes teleosteos, divididas em 14 subfamílias, das quais, a Bryconinae (que inclui 43 espécies), 41 espécies pertence 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 (García-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; Gomiero 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 a novembro (Polaz et al., 2011). Adicionalmente, *B. opa-*



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.

linus 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 Paraíba 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.