



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS
AQUÁTICOS TROPICAIS**



LEYDIANE NUNES RODRIGUES

**ICTIOFAUNA DO MÉDIO SÃO FRANCISCO, BRASIL: TRANSIÇÃO
CERRADO-CAATINGA**

ILHÉUS - BAHIA

2016

LEYDIANE NUNES RODRIGUES

**ICTIOFAUNA DO MÉDIO SÃO FRANCISCO, BRASIL: TRANSIÇÃO
CERRADO-CAATINGA**

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, Universidade Estadual de Santa Cruz, para obtenção do título de Mestre em Ecologia de Sistemas Aquáticos Tropicais.”

Área de concentração: Ecologia de comunidades e ecossistemas aquáticos tropicais

Orientador: Prof. Dr. Francisco Carlos Fernandes de Paula

Co-orientador: Prof. Dr. Alberto Luciano Carmassi

Co-orientadora: Profa. Dra. Luisa Maria Sarmiento-Soares

ILHÉUS - BAHIA

2016

R696

Rodrigues, Leydiane Nunes.

Ictiofauna do médio São Francisco, Brasil: transição Cerrado-Caatinga / Leydiane Nunes Rodrigues . – Ilhéus, BA: UESC, 2016.
ix, 57f. : il.

Orientador: Francisco Carlos Fernandes de Paula.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Inclui referências e apêndices.

1. Peixes. 2. Inventários. 3. Biodiversidade – Conservação. 4. Biomas. 5. Distribuição espacial. 6. São Francisco, Rio. I. Título.

CDD 597

Aos meus pais.

Noivo, irmã e sobrinhos,

com amor, eu dedico.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz pela oportunidade da realização do curso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão bolsa.

Agradeço ao Professor Fábio Flores por ter aceitado me orientar no programa.

Ao meu orientador professor Francisco, sempre tão solícito! Obrigada por não medir esforços para que eu continuasse no programa!

A minha co-orientadora Luisa por todo auxílio nas identificações dos peixes e artigos preciosos!

Ao meu querido co-orientador Alberto por ter me estendido à mão no momento mais crítico desse mestrado. Graças a você consegui continuar no programa trabalhando com o que me faz feliz! Trabalhar no rio São Francisco foi uma experiência indescritível! Obrigada por confiar e acreditar em mim!

A Giulianna, minha eterna querida orientadora, que me apresentou ao fantástico mundo da ecologia dos peixes de água doce! Seus ensinamentos fizeram toda a diferença ao longo do mestrado! Obrigada por me acolher nos momentos que precisei!

Ao Alexandre Peressin pela essencial ajuda desde o início do trabalho! Obrigada por todo auxílio, pelos 1001 esclarecimentos nos meus momentos de desespero!

Agradeço as contribuições dos professores Gilmar Perbiche, Mauricio Cetra e Fábio Cop nas análises de dados.

Aos professores Victor Dill, Fernanda Guimarães, Pedro Melo e Leonardo Moraes pelas valiosas contribuições nas bancas durante o desenvolvimento desse trabalho!

Aos colegas de campo Gladstone e Ailson pela essencial ajuda nas coletas das variáveis ambientais!

A toda equipe do Instituto Nacional da Mata Atlântica por me acolher e tornar esse trabalho mais leve! Em especial quero agradecer ao Renan e Lorena pela ajuda nas triagens. Vocês são maravilhosos!!!

A minha família, em especial aos meus amados pais pela insubstituível força e eterno apoio, sem os quais não conseguiria chegar até aqui. Obrigada por acreditarem em mim! Vocês são meus heróis!

Ao Erick, pelo companheirismo em todos os momentos! Obrigada por não me deixar faltar carinho, amor e um café quentinho!

As minhas lindezas Gabi e Poli, por toda alegria e companheirismo nos momentos difíceis nestes últimos anos. Obrigada por não deixarem faltar o sorriso no meu rosto, mesmo depois que cada uma foi para um canto desse Brasil.

A Bea e Sarah pela amizade e ajuda com os mapas e *abstract!*

Josi, Camila e Tupiniquim (nossa pequena grande turma), obrigada pela companhia e por tornarem as aulas mais agradáveis! Em especial a Josi pelas longas discussões e soluções pelo *whatssap* sobre o programa de estatística R.

A Deus, essa energia que ilumina a minha vida e me ajuda a remar quando a correnteza está forte!

Aos Mestres e funcionários do PPGSAT, e todos aqueles que de alguma forma contribuíram e estiveram torcendo por mim durante o desenvolvimento deste trabalho. Meu sincero obrigada!

*"Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras constroem moinhos de vento."
(Érico Veríssimo)*

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO I.....	15
RESUMO	15
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO.....	16
MATERIAL E MÉTODOS	16
Área de Estudo	16
Coleta de Peixes e Análises	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
CAPÍTULO II.....	31
RESUMO	31
ABSTRACT	32
INTRODUCTION	33
MATERIALS AND METHODS	34
Data sampling	34
Data analysis.....	35
RESULTS	36
DISCUSSION.....	37
ACKNOWLEDGEMENTS	42
REFERENCES	42
APÊNDICES	46

ICTIOFAUNA DO MÉDIO SÃO FRANCISCO, BRASIL: TRANSIÇÃO CERRADO-CAATINGA

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio São Francisco forma uma das principais unidades biogeográficas regionais reconhecidas nos estudos atuais de peixes neotropicais. Todavia, as atividades econômicas na região e impactos sobre os recursos hídricos são crescentes. Este fato, adicionado à intensa pesca em algumas áreas, aumenta a importância dos estudos da sua ictiofauna. O presente estudo tem como objetivo caracterizar a composição e o padrão de distribuição espacial das assembleias de peixes da região Norte do Médio São Francisco, no trecho de transição dos biomas Cerrado e Caatinga. Sob este aspecto, esta dissertação foi dividida em dois capítulos. O primeiro apresenta o levantamento de espécies realizado entre os anos de 2014 e 2016. Nesse estudo foi encontrada uma expressiva riqueza de espécies com elevado endemismo, além do registro de espécies ameaçadas, bioindicadoras e migratórias. Também foi registrada pela primeira vez na bacia a espécie *Characidium bahiense*, e *Characidium* sp. n. foi identificada como potencialmente nova. O segundo capítulo investigou a influência dos fatores ambientais e geográficos na variação da composição da assembleia de peixes. Foi encontrada uma variação espacial significativa relacionada aos biomas Cerrado e Caatinga. Esse padrão de distribuição foi determinado por uma interação da variável regional altitude com as variáveis locais: largura, substrato e velocidade superficial da água (fatores ambientais). Os fatores geográficos também foram importantes para explicar a variação espacial encontrada. Os resultados obtidos em ambos os capítulos são importantes para que estratégias de conservação possam ser mais efetivas, uma vez que é essencial conhecer a composição de espécies e levar em conta o padrão de distribuição da assembleia de peixes da região.

Palavras-chave: Peixes. Inventário. Conservação. Bioma. Padrão espacial.

ICHTHYOFAUNA FROM MIDDLE SÃO FRANCISCO, BRAZIL: CERRADO- CAATINGA TRANSITION

ABSTRACT

The São Francisco river basin is one of the main regional biogeographical units recognized in current studies of neotropical fishes. However, local economic activities and water impacts resources are increasing. This fact, added to intense fishing activity, increases the need of its ichthyofauna studies. This study aims to characterize the composition and spatial distribution pattern of fish assemblages of middle north of São Francisco, in the transitional section of the Cerrado and Caatinga biomes. In this respect, this work was divided into two chapters. The first one presents the survey of species, held in between 2014 and 2016. This study found a expressive richness with high endemism, other than registration of endangered species, migratory and bioindicators. It was also recorded for the first time in the basin *Characidium bahiense* specie, and *Characidium* sp. n. was identified as potentially new. The second chapter investigated the influence of environmental and geographical factors in the variation of the fish assemblage composition. There was a significant spatial variation related to the Cerrado and Caatinga biomes. This pattern of distribution was determined by an interaction of regional altitude variable with the local variables: width, substrate and water superficial velocity (environmental factors). The geographical factors were also important to explain the spatial variation found. The results in both chapters are important in order that conservation strategies may be most effective, since it is essential to know the local species composition and consider the distribution pattern of the fish assemblage of the region.

Keywords: Fish. Inventory. Conservation. Biome. Spatial pattern.

INTRODUÇÃO GERAL

No Nordeste brasileiro, o Cerrado e a Caatinga são os biomas predominantes, e o vale do rio São Francisco entrecorta trechos de ambos. O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e tem como característica a ocorrência de queimadas naturais e macroclima tropical, com destacada sazonalidade (COUTINHO, 2006; SANO; ROSA; BRITO, 2007). Os rios que drenam este bioma apresentam uma rica ictiofauna, composta por aproximadamente 1.200 espécies de peixes (KLINK; MACHADO, 2005). A progressiva devastação e o elevado endemismo do Cerrado contribuíram para sua inclusão nas 25 prioridades mundiais (*hotspots*) para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). A área de abrangência do Cerrado foi estimada em cerca de 2,5 milhões de km² (IBGE, 2004). Entretanto, somente 5,2% de sua área encontra-se em unidades de conservação (JEPSON, 2005). A maior parte do Cerrado está localizada em regiões de planalto, que funcionam como grandes centros dispersores das drenagens, e desta forma são essenciais para a manutenção do regime hídrico em áreas de depressões interplanálticas, como a área ocupada pela Caatinga (ROSA et al., 2003).

A Caatinga é exclusivamente brasileira e ocupa cerca de 10% do território nacional. Este bioma é caracterizado por florestas decíduas e, devido às longas e irregulares estiagens associadas à alta taxa de evaporação hídrica, os rios apresentam regime intermitente e sazonal (FERRI, 1955; PRADO, 2003). A área compreendida por este bioma foi estimada em cerca de 844.453 km² (IBGE, 2004), e apenas 8,4% dessa área está incluída em unidades de conservação (HAUFF, 2010). Na Caatinga são encontradas cerca de 241 espécies de peixes, sendo 136 destas endêmicas (ROSA et al., 2003; HAUFF, 2010).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco (BHSF) recebe destaque no Brasil pelo volume de água que transporta para o semiárido, com uma área de drenagem com cerca de 645.000 km² e vazão média de 2.850 m³/s. O rio São Francisco nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais e desemboca no Oceano Atlântico, entre os estados de Alagoas e Sergipe (SILVA; CLARKE, 2004). Em seu percurso atravessa sete unidades de federação (MG, BA, GO, SE, PE, DF e AL) e três biomas (Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga). Devido a sua dimensão, a BHSF é dividida nas regiões Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (CBHSF, 2014).

A BHSF forma uma das principais unidades biogeográficas regionais reconhecidas nos estudos atuais de peixes neotropicais (REIS; KULLANDER; FERRARIS, 2003; ALBERT; REIS, 2011). Todavia, as atividades econômicas na região e impactos sobre os recursos hídricos são crescentes (COSTA et al., 2003; CBHSF, 2014; INEMA, 2017). Este fato, adicionado à intensa pesca em algumas áreas (GODINHO; GODINHO, 2003; BARBOSA; SOARES, 2009),

aumenta a importância dos estudos da sua ictiofauna, visto que a BHSF abriga cerca de 203 espécies de peixes nativas registradas, das quais 29,6% são endêmicas (ALVES; VIEIRA; POMPEU, 2011). A bacia do rio São Francisco também conta com espécies da fauna ameaçada, como peixes anuais dos gêneros *Cynolebias* e *Hypsolebias* (ICMBIO, 2013), que possuem seu ciclo de vida limitado a poças e alagados temporários.

A área compreendida pelo presente estudo faz parte da região de impacto da construção da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL), a qual não possui estudos ecológicos ictiofaunísticos, apenas levantamentos necessários para a realização do empreendimento. Estudos detalhados sobre a ictiofauna dessa região são essenciais para aumentar o conhecimento da riqueza de espécies, e determinar os padrões de distribuição da assembleia de peixes. O aumento do nível de conhecimento da composição e da distribuição da ictiofauna elevam as chances de que estratégias tomadas para a conservação possam ser mais efetivas. Adicionalmente, a determinação de variáveis que influenciam as assembleias de peixes é de grande importância para a compreensão de seus mecanismos estruturadores (SÚAREZ, 2008).

A falta de informações básicas sobre a composição da fauna de peixes compromete a análise de diversidade, endemismo e padrões de distribuição. Agostinho, Thomaz e Gomes (2005) colocam que o baixo conhecimento da diversidade de peixes continentais do Brasil está associado à ausência de inventários e revisões taxonômicas. No entanto, mesmo com muitas lacunas geográficas de estudo, a revisão realizada por Rosa et al. (2003) no domínio da Caatinga, mostrou que na região da bacia do rio São Francisco ocorre uma elevada diversidade e maior grau de endemismo quando comparada com as demais ecorregiões estudadas (Maranhão-Piauí, Nordeste Médio-Oriental e Bacias do Leste).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar as assembleias de peixes da região Norte do Médio São Francisco, trecho de transição Cerrado-Caatinga, no Oeste da Bahia. Sob este aspecto, esta dissertação foi dividida em dois capítulos. O primeiro apresenta o levantamento de espécies realizado de 2014 a 2016, e tem como título: "**Composição da ictiofauna em ambientes lênticos e lóticos da região de transição Cerrado-Caatinga, bacia do rio São Francisco, Brasil**". O segundo capítulo investigou a influência dos fatores ambientais e geográficos na variação da composição da assembleia de peixes, e recebeu o título de "**Mudanças na assembleia de peixes causadas por diferentes biomas Neotropicais**". Este capítulo foi publicado no volume 46 (4) em setembro de 2018 na revista "*Latin American Journal of Aquatic Research*" com o título: "**Changes in fish assemblages caused by different Neotropical biomes**".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, Â. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 70–78, 2005.

ALBERT, J. S.; REIS, R. E. **Historical biogeography of neotropical freshwater fishes**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 2011.

ALVES, C. B. M.; VIEIRA, F.; POMPEU, P. S. 2. Caracterização da Fauna na bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Diagnóstico do Macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco**, p. 488, 2011.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. Perfil Da Ictiofauna Da Bacia Do São Francisco: Estudo Preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 155–172, 2009.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **A Bacia**. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em: 25 out. 2014.

COSTA, F. J. C. B.; MAGALHÃES, E. M. M. de; LYRA, M. C. A. de; SANTOS, M. M. dos; SANTOS-JR, R. C. dos; MONTENEGRO, S. C. S. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades desenvolvidas em terra na bacia do rio São Francisco. Sub-projeto 1.3 - Recomposição da Ictiofauna Reofílica do Baixo São Francisco. Resumo executivo do Relatório Final**. Disponível em: <http://www.sfrancisco.bio.br/arquivos/ANA_001.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2014.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 13–23, 2006.

FERRI, M. G. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Botânica. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, p. 7–170, 1955. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:contribuição+ao+conhecimento+da+ecologia+do+cerrado+e+da+caatinga#1>>.

GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. Breve visão do São Francisco. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte: PUC Minas**, v. 468, p. 15–23, 2003.

HAUFF, S. N. **Representatividade do sistema nacional de unidades de conservação na caatinga**. [s.l.] Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento, Brasília, Brazil, 2010.

IBGE, I. B. de G. e E. **Mapa de Biomas do Brasil: escala 1:5.000.000**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Sumário Executivo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Peixes Rivulídeos Ameaçados de Extinção**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-rivulideos/sumario-executivo-rivulideos.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2014.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Comitês**.

Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

JEPSON, W. A disappearing biomes Reconsidering landscover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, v. 171, n. 2, p. 99–111, 2005.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10706275>%5Cn<http://www.nature.com/doi/finder/10.1038/35002501>>.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. [s.l.] Editora Universitária da UFPE, 2003. 2p. 3–74.

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. **Check list of the freshwater fishes of south and central america**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universitária da UFPE, 2003. p. 135–180.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma cerrado: estratégias e resultados. documenta 190**. [s.l.] Embrapa Cerrados, 2007.

SILVA, C. B. da; CLARKE, R. T. Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 265–272, 2004.

SÚAREZ, Y. R. Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 197–204, 2008.

CAPÍTULO I

"Composição da ictiofauna em ambientes lênticos e lóticos da região de transição Cerrado-Caatinga, bacia do rio São Francisco, Brasil"

RESUMO

Este capítulo teve como objetivo apresentar os dados de levantamentos ictiofaunísticos realizados no Norte do Médio São Francisco, no estado da Bahia. A composição de peixes é apresentada com base em dados coletados na calha principal do rio São Francisco e nas sub-bacias dos rios Grande, Corrente e das Rãs. Foram amostrados 23 afluentes e seis poças temporárias. No total foram coletados 6.969 indivíduos, pertencentes a 100 espécies, 66 gêneros, 27 famílias e sete ordens. Characiformes e Siluriformes representaram 81% da riqueza total de espécies. As maiores frequências de ocorrência foram apresentadas por *Astyanax lacustris*, *Acestrorhynchus lacustris* e *Astyanax* aff. *fasciatus*, enquanto que 84 espécies ocorreram em menos de 10% das amostras. A espécie *Characidium* sp. n. foi identificada como potencialmente nova, e *Characidium bahiense* foi registrada pela primeira vez na bacia. O elevado endemismo da região foi confirmado pelas 45 espécies coletadas, das quais seis encontram-se ameaçadas de extinção. Este estudo preenche uma importante lacuna de conhecimento dos peixes do Médio São Francisco no estado da Bahia. A expressiva riqueza de espécies, aliada ao elevado endemismo, e registros de espécies ameaçadas, bioindicadoras e migratórias permitem considerar a região estudada como uma área importante para manutenção da diversidade da ictiofauna na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Neste contexto, este trabalho contribui para o estabelecimento de estratégias de conservação mais eficientes da ictiofauna dessa importante bacia brasileira.

Palavras-chave: peixes, inventário, conservação, bioma.

ABSTRACT

"Composition of ichthyofauna in lentic and lotic environments of the Cerrado-Caatinga transition region, basin of the São Francisco river, Brazil"

This chapter aimed to present the ichthyofauna data survey conducted in northern in the Middle São Francisco, in the state of Bahia. The composition of fish is presented on basis of data collected in the main channel of the São Francisco river and Grande, Corrente and Rãs rivers sub-basins. Were sampled 23 affluents and six temporary puddles. In total, 6.969 individuals belonging to 100 species, 66 genera, 27 families and seven orders were collected. Characiformes and Siluriformes accounted for 81% of total species richness. The highest frequencies of occurrence were presented by *Astyanax lacustris*, *Acestrorhynchus lacustris* and *Astyanax* aff. *fasciatus*, while 84 species occurred or less than 10% of the samples. The *Characidium* sp. n. specie was identified as potentially new, and *Characidium bahiense* was recorded for the first time in the basin. The high endemism of the region was confirmed by the 45 species collected, of which six are endangered. This study fills an important knowledge gap about fish from Middle São Francisco in Bahia. The expressive richness, allied with high endemism, and records of endangered species, migratory and bioindicators allow to consider the region as an important area for maintenance of the diversity of the fish fauna in the basin of the São Francisco river. In this context, this work contributes to the establishment of more efficient conservation strategies of the fish fauna of this important Brazilian basin.

Keywords: fish, inventory, conservation, biome.

INTRODUÇÃO

Os peixes compreendem cerca de 34 mil espécies, o que corresponde a 41,7% dos vertebrados do planeta (ZHANG, 2013; ESCHMEYER; FRICKE; VAN DER LAAN, 2017). Embora os ambientes dulcícolas ocupem uma área consideravelmente menor quando comparados aos ambientes marinhos, os peixes de água doce representam 41,2% de toda ictiofauna mundial (ZHANG, 2013). O Brasil abriga uma elevada riqueza de espécies de peixes continentais, com cerca de 3.131 espécies descritas (BUCKUP; MENEZES; GHAZZI, 2007; PORTARIA MMA N°444, 2014), as quais representam mais de 50% da fauna de peixes de água doce registrada para a região Neotropical (REIS; KULLANDER; FERRARIS, 2003).

Apesar da evidente importância dos peixes dulcícolas para a biodiversidade brasileira, este grupo possui o maior número de táxons ameaçados, com 310 espécies reconhecidas com algum grau de ameaça (PORTARIA MMA N°444, 2014). É necessário e urgente que estratégias sejam avaliadas e colocadas em prática para conservar a ictiofauna nacional. Um ponto de partida são os levantamentos ictiofaunísticos e inventários, que além de fornecerem informações básicas para outros estudos científicos, também são essenciais em programas de manejo e definição de áreas prioritárias para a conservação (CASATTI; LANGEANI; CASTRO, 2001; AGOSTINHO; THOMAZ; GOMES, 2005; CORRÊA, 2015).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco forma a sexta maior ecorregião da América do Sul (ALBERT; REIS, 2011). Entretanto, os estudos da sua ictiofauna foram concentrados no estado de Minas Gerais, sendo ainda incipientes nos demais estados compreendidos por essa bacia (ALVES; VIEIRA; POMPEU, 2011). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo apresentar os dados de levantamentos ictiofaunísticos realizados no Norte do Médio São Francisco, no estado da Bahia. Além de contribuir para preencher a lacuna do conhecimento da fauna de peixes desta região, os dados apresentados poderão ser usados em programas de conservação e como base para futuros monitoramentos da ictiofauna.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A região do Médio São Francisco compreende o trecho entre Pirapora (MG) e Remanso (BA), e representa 53% da área total da bacia hidrográfica do rio São Francisco (BHSF). O clima regional é árido e semiárido, com o Cerrado predominante na maior parte desta área (Oeste de MG e Sul da BA) e a Caatinga no Nordeste baiano (SILVA; CLARKE, 2004; CBHSF, 2014). Além de um trecho da calha principal do rio São Francisco, a área de coleta abrangeu na margem direita as

sub-bacias dos rios Grande e Corrente, e na margem esquerda a sub-bacia do rio das Rãs, localizadas entre os municípios de Barreiras e Guanambi, no Oeste da Bahia.

A sub-bacia do rio Grande possui uma área de 76.630 km². O clima varia de úmido no Oeste da região ao clima semiárido junto à calha do rio São Francisco. Cerca de dois terços da região está localizada no Planalto do Chapadão Ocidental do São Francisco, onde predomina a vegetação do Cerrado. No seu terço inferior predomina a vegetação da Caatinga, na região da Depressão Sanfranciscana. A sub-bacia do rio Corrente compreende uma área de 34.875 km². O clima varia do tipo úmido, no extremo Oeste da região, ao clima semiárido, próximo a calha do rio São Francisco. A maior parte da área pertence ao Planalto do Chapadão Ocidental do São Francisco, com uma pequena porção no seu trecho inferior na Depressão Sanfranciscana (INEMA, 2017). A sub-bacia do rio das Rãs possui sua área localizada no Polígono das Secas (SILVA; CLARKE, 2004), onde a maioria dos afluentes é intermitente. O clima é considerado como semiárido, e ocorre o predomínio da Caatinga (INEMA, 2017).

As coletas foram realizadas em 29 pontos de amostragem, sendo 23 ambientes lóticos e seis lênticos (Tabela 1). As coletas ocorreram em três afluentes e em uma poça temporária no trecho da calha principal do rio São Francisco, quatro afluentes na sub-bacia do rio Grande, nove afluentes na sub-bacia do rio Corrente e em sete afluentes e cinco poças temporárias na sub-bacia do rio das Rãs (Figura 1).

Coleta de Peixes e Análises

A amostragem ocorreu em conformidade com a Autorização de captura, coleta e transporte de material biológico nº 055/2012 (Processo IBAMA 02001.002052/2008-00). Foram realizadas cinco coletas, duas no ano de 2014 (janeiro e agosto), duas no ano de 2015 (fevereiro e agosto), e uma no ano de 2016 (março).

Em cada ponto amostral foi delimitado um trecho de 50 m, onde foram utilizados diferentes petrechos de pesca devido às características de cada ponto, e da necessidade de fazer uma amostragem representativa. Foram utilizados três jogos de redes de espera, com malha de 30, 50 e 100 mm entre nós opostos, que foram armados por 1h30min em cada ponto amostral. Nas margens com praias, uma rede de arrasto do tipo picaré (6 m de comprimento e 2,6 m de altura) foi passada por 5 vezes, e quando havia vegetação, uma peneira com malha de 1 mm foi passada por 10 vezes. Para complementar a amostragem, uma tarrafa com malha de 40 mm entre nós opostos foi arremessada 15 vezes em cada ponto amostral. Nas poças temporárias foram empregados somente os métodos de tarrafa e peneira.

Após as coletas, os peixes foram anestesiados com cloridrato de benzocaína, e fixados em formalina 10%. Posteriormente, os peixes foram conservados em álcool 70%. No Laboratório de Zoologia do Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), em Santa Teresa-ES, os indivíduos foram identificados com auxílio de bibliografia adequada e consulta a especialistas. Exemplares testemunhos das espécies coletadas foram tombados na coleção ictiológica do INMA (Apêndice A).

A frequência de ocorrência de cada espécie por sub-bacia e total foi calculada para verificar a importância local e regional de cada espécie. O cálculo foi feito por meio da equação: $Fr = n \cdot 100 / N$, onde: Fr = frequência; n = número de amostras que contém a espécie; N = número total amostras. Adicionalmente, as espécies foram classificadas quanto ao seu comportamento migratório (GODINHO; GODINHO, 2003; POMPEU; GODINHO, 2006; LUZ et al., 2009; ALVES; POMPEU, 2010), endemismo (ESCHMEYER; FRICKE; VAN DER LAAN, 2017) e categoria de ameaça (ICMBIO, 2016).

Tabela I. Pontos amostrados na calha principal do rio São Francisco (SSF), e nas sub-bacias dos rios Grande (SRG), Corrente (SRC) e das Rãs (SRR) no Médio São Francisco, com suas respectivas localizações e arte de pesca utilizada (R= rede de espera; A= rede de arrasto; T=tarrafa; P=peneira).

Ponto	Corpo d'água	Sub-bacia	Coordenada	Arte de pesca
1	Rio Roda Velha	SRG	45W 50' 46" 12S 42' 27"	E, T e P
2	Rio das Fêmeas	SRG	45W 19' 16" 12S 27' 00"	E, T e P
3	Rio Galheirão	SRG	45W 12' 03" 12S 29' 26"	E, T e P
4	Afluente do rio Grande	SRG	45W 05' 01" 12S 38' 34"	E, T e P
5	Afluente do rio Guará	SRC	44W 48' 21" 12S 57' 29"	P e T
6	Rio Guará	SRC	44W 48' 20" 12S 59' 48"	E, A, T e P
7	Rio do Meio	SRC	44W 43' 21" 13S 04' 38"	E, A, T e P
8	Rio Santo Antônio	SRC	44W 40' 56" 13S 10' 19"	P e T
9	Rio do Meio	SRC	44W 36' 42" 13S 11' 33"	E, T e P
10	Rio Correntina	SRC	44W 33' 37" 13S 19' 54"	E e T
11	Rio Correntina	SRC	44W 24' 39" 13S 23' 03"	E, T e P
12	Rio Correntina	SRC	44W 20' 12" 13S 23' 53"	E, T e P
13	Rio Correntina	SRC	43W 54' 29" 13S 17' 37"	E, T e P
14	Rio São Francisco	SSF	43W 26' 18" , 13S 29' 14"	E e T
15	Rio São Francisco	SSF	43W 26' 29" , 13S 32' 43"	E e T
16	Rio São Francisco	SSF	43W 25' 47" , 13S 27' 01"	E e T
17	Afluente Rio São Francisco	SSF	43W 22' 43" , 13S 34' 55"	P e T
18	Afluente Rio dos Campos	SSF	43W 20' 17" , 13S 40' 37"	P e T
19	Rio das Rãs	SRR	43W 07' 10" 13S 57' 38"	E, T e P
20	Rio Carnaíba de Dentro	SRR	43W 03' 52" 14S 03' 12"	P e T
21	Rio Carnaíba de Dentro	SRR	42W 54' 45" 14S 06' 51"	P e T
22	Rio Carnaíba de Dentro	SRR	42W 53' 11" 14S 08' 02"	E, T e P
23	Rio Carnaíba de Dentro	SRR	42W 35' 05" 14S 13' 53"	T
P1	Poça temporária	SSF	43W 31' 20" 13S 23' 44"	P e T
P2	Poça temporária	SRR	43W 06' 32" 14S 00' 24"	P e T
P3	Poça temporária	SRR	43W 06' 33" 14S 00' 33"	P e T

Ponto	Corpo d'água	Sub-bacia	Coordenada	Arte de pesca
P4	Poça temporária	SRR	43W 03' 59" 14S 02' 27"	P e T
P5	Poça temporária	SRR	42W 52' 01" 14S 09' 59"	P e T
P6	Poça temporária	SRR	42W 48' 15" 14S 09' 07"	P e T

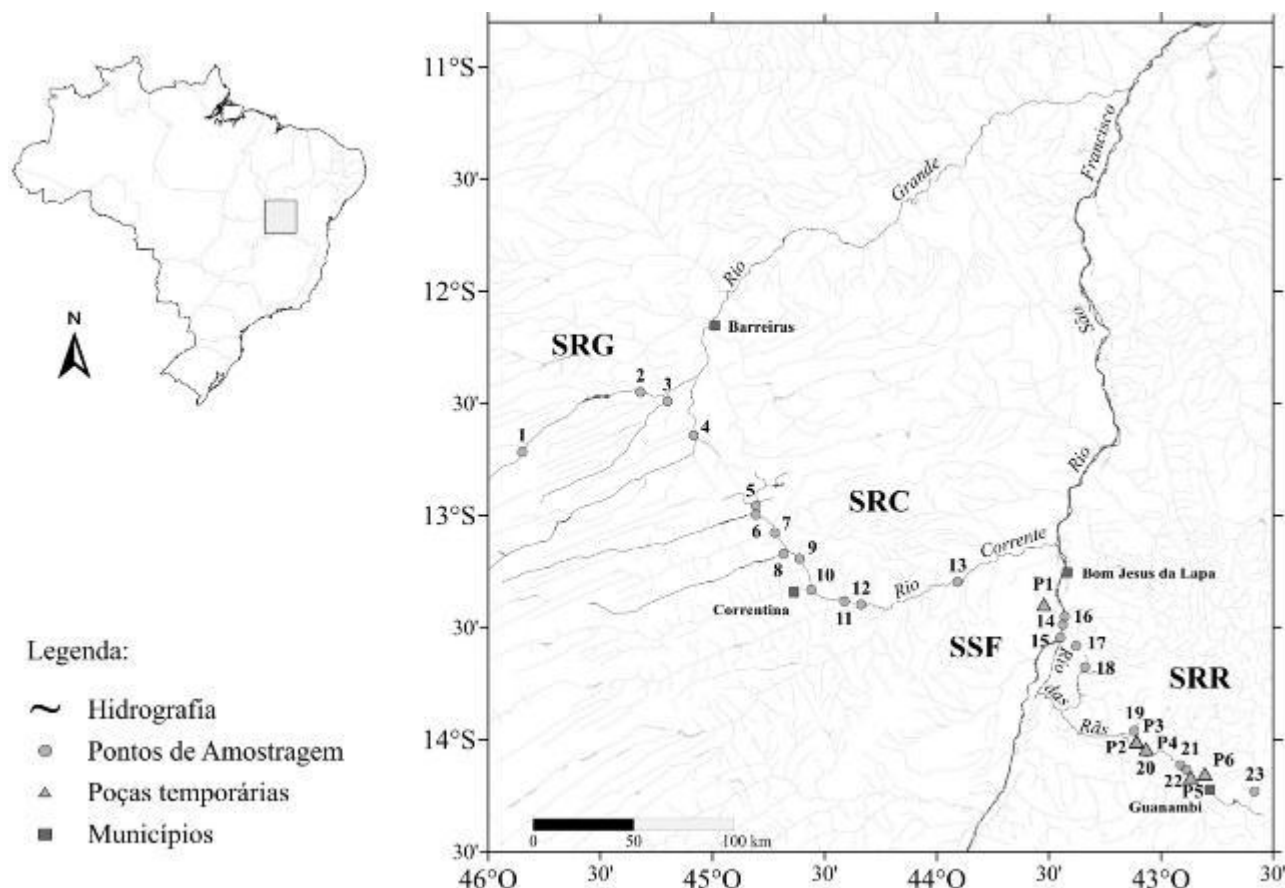


Figura 1. Pontos amostrados na calha principal do rio São Francisco (SSF), e nas sub-bacias dos rios Grande (SRG), Corrente (SRC) e das Rãs (SRR).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 6.969 indivíduos, distribuídos em 100 espécies, 66 gêneros e 27 famílias (Tabela 2). O trecho da calha principal do rio São Francisco foi representado por 1.132 indivíduos pertencentes a 55 espécies, sendo que 11 foram restritas a esta região. A sub-bacia do rio Grande apresentou 1.752 espécimes e 52 espécies, com apenas uma espécie exclusiva. Na sub-bacia do rio Corrente, foram 72 espécies dentre os 2.717 exemplares capturados, e 11 espécies foram restritas a esta sub-bacia. Enquanto que na sub-bacia do rio das Rãs foram registradas 38 espécies dos 1.368 indivíduos coletados, e nove espécies foram exclusivas. Somente 13 espécies foram comuns entre

todas as regiões amostradas. O maior compartilhamento ocorreu entre as sub-bacias do rio Grande e do rio Corrente (20 espécies).

A riqueza de espécies encontrada no presente trabalho se destaca dentre os estudos realizados na bacia hidrográfica do rio São Francisco (BHSF). Albert e Reis (2011) listaram 181 espécies para a ecorregião São Francisco, enquanto Alves, Vieira e Pompeu (2011) chegaram ao número de 208 espécies de sua nascente até a foz. Dessa forma, foram coletadas em torno de 50% das espécies registradas para toda bacia do rio São Francisco, sendo que a região do presente trabalho corresponde a cerca de 20% da área da BHSF (ALBERT; REIS, 2011).

De acordo com Albert e Reis (2011), apesar da elevada diversidade da ictiofauna da região Neotropical, a mesma é relativamente pobre em níveis taxonômicos mais elevados quando comparada a outras regiões do mundo. Dentre as sete ordens encontradas no presente estudo, a maior riqueza de espécies foi apresentada pelas ordens Characiformes, com 53 espécies, e Siluriformes, com 28 espécies, o que reflete o padrão reconhecido para a região Neotropical (LOWE-MCCONNELL, 1987; CASTRO, 1999), e o mesmo firmado por outros estudos na BHSF (CASATTI; CASTRO, 1998; POMPEU; GODINHO, 2003; SILVA; SANTOS; RATTON, 2006a).

Com relação às famílias, Characidae apresentou a maior riqueza (21 espécies). Buckup (1999) ressalta que Characidae engloba, em sua maioria, peixes de pequeno porte, mas também é representada por espécies de maior porte, que possuem ampla distribuição espacial e ocupam vários níveis da cadeia alimentar (BENNEMANN; SHIBATTA; GARAVELLO, 2000; ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001; LOUREIRO-CRIPPA; HAHN, 2006). Provavelmente, estas características colocam Characidae entre as famílias de destaque da ictiofauna neotropical (REIS; KULLANDER; FERRARIS, 2003).

As maiores frequências de ocorrência foram apresentadas por *Astyanax lacustris* (19,4%), *Acestrorhynchus lacustris* (19,4%) e *Astyanax* aff. *fasciatus* (18,4%), enquanto 84 espécies ocorreram em menos de 10% das amostras. O estudo de Loureiro-Crippa e Hahn (2006) evidenciou o comportamento oportunista de espécies do gênero *Astyanax*, devido à alta flexibilidade em suas dietas. Essa característica provavelmente favorece a ampla distribuição dessas espécies, visto que parece aumentar a resistência das mesmas diante de variações e impactos ambientais (ANDRIAN; SILVA; PERETTI, 2001). O "peixe cachorro" (*Acestrorhynchus lacustris*) apresenta hábito piscívoro (MESCHIATTI, 1995), e também foi caracterizado como uma espécie oportunista (HAHN; DELARIVA; LOUREIRO, 2000). Dessa forma, esta espécie possui um papel fundamental na cadeia alimentar, pois além de servir como alimento para os grandes predadores, atua na regulação da abundância de espécies presas (GOMES; VERANI, 2003).

Das espécies capturadas no presente estudo, *Characidium bahiense* foi registrada pela primeira vez na bacia. Até o momento acreditava-se que esta espécie fosse exclusiva de drenagens costeiras da ecorregião Mata Atlântica Nordeste (CAMELIER; ZANATA, 2014). A espécie *Characidium* sp. n. foi identificada como potencialmente nova.

Tabela 1. Lista taxonômica das espécies de peixes amostradas na calha principal rio São Francisco (SSF), e nas sub-bacias dos rios Grande (SRG), Corrente (SRC) e das Rãs (SRR) no Médio São Francisco segundo Eschmeyer, Fricke e Laan (2017), com suas respectivas frequências de ocorrência por sub-bacia e área total amostrada, e classificação de ameaça de acordo com o ICMBio (2016). Endêmica da bacia do rio São Francisco (*), introduzida (**), novo registro para a bacia (***), espécie nova (****), migratória (^m), Vulnerável (VU), Em Perigo (EN), Criticamente em Perigo (CR), Quase Ameaçada (NT), Dados Insuficientes (DD), número de indivíduos (N) e riqueza de espécies (S).

Lista Taxonômica	Frequência (%)					Grau de ameaça
	SSF	SRG	SRC	SRR	Total	
Ordem Clupeiformes						
Família Engraulidae						
<i>Anchoviella vaillanti</i> (Steindachner 1908)*	5,9	-	4,9	-	3,1	
Ordem Characiformes						
Família Parodontidae						
<i>Apareiodon hasemani</i> Eigenmann 1916*	5,9	6,3	17,1	-	9,2	
<i>Parodon hilarii</i> Reinhardt 1867	-	-	4,9	-	2,0	
Família Curimatidae						
<i>Curimatella lepidura</i> (Eigenmann & Eigenmann 1889)*	17,6	-	7,3	12,5	9,2	
<i>Steindachnerina elegans</i> (Steindachner 1875)	5,9	12,5	17,1	-	10,2	
Família Prochilodontidae						
<i>Prochilodus argenteus</i> Spix & Agassiz 1829* ^m	11,8	-	-	-	2,0	
<i>Prochilodus costatus</i> Valenciennes 1850* ^m	17,8	-	2,4	8,3	6,1	
<i>Prochilodus lineatus</i> (Valenciennes 1837) ^m	5,9	-	-	-	1,0	
Família Anostomidae						
<i>Leporellus vittatus</i> (Valenciennes 1850)	-	-	12,2	-	5,1	
<i>Leporinus obtusidens</i> (Valenciennes 1837) ^m	5,9	-	-	-	1,0	
<i>Leporinus piau</i> Fowler 1941 ^m	5,9	25,0	14,6	8,3	13,3	
<i>Leporinus reinhardti</i> Lütken 1875* ^m	17,6	18,8	7,3	-	9,2	
<i>Leporinus taeniatus</i> Lütken 1875* ^m	11,8	-	9,8	-	6,1	
<i>Schizodon knerii</i> (Steindachner 1875)* ^m	11,8	-	2,4	12,5	6,1	
Família Erythrinidae						
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Spix & Agassiz 1829)	-	18,8	4,9	-	5,1	
<i>Hoplias</i> cf. <i>intermedius</i> (Günther 1864)	11,8	6,3	4,9	-	5,1	
<i>Hoplias</i> gr. <i>malabaricus</i> (Bloch 1794)	5,9	18,8	9,8	16,7	12,2	
Família Acestrorhynchidae						
Subfamília Acestrorhynchinae						
<i>Acestrorhynchus britskii</i> Menezes 1969*	11,8	12,5	-	4,2	5,1	
<i>Acestrorhynchus</i> cf. <i>falcatus</i> (Bloch 1794)	-	12,5	4,9	-	4,1	
<i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken 1875)	17,6	25,0	17,1	20,8	19,4	
Família Serrasalminidae						
<i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope 1870)**	-	6,3	2,4	-	2,0	
<i>Metynnis maculatus</i> (Kner 1858)**	-	6,3	4,9	-	3,1	
<i>Myleus altipinnis</i> (Valenciennes 1850)*	5,9	-	-	-	1,0	DD
<i>Myleus micans</i> (Lütken 1875)*	5,9	18,8	19,5	-	12,2	
<i>Pygocentrus piraya</i> (Cuvier 1819)*	5,9	-	-	-	1,0	
<i>Serrasalmus brandtii</i> Lütken 1875*	17,6	6,3	7,3	12,5	10,2	
Família Characidae						

Lista Taxonômica	Frequência (%)					Grau de ameaça
	SSF	SRG	SRC	SRR	Total	
<i>Psellogrammus kennedyi</i> (Eigenmann 1903)	5,9	6,3	2,4	16,7	7,1	
Incertae sedis						
<i>Astyanax</i> aff. <i>eigenmanniorum</i> (Cope 1894)	-	6,3	14,6	-	7,1	
<i>Astyanax</i> aff. <i>fasciatus</i> (Cuvier 1819)	17,6	25,0	22,0	8,3	18,4	
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken 1875)	17,6	25,0	19,5	16,7	19,4	
<i>Astyanax rivularis</i> (Lütken 1875)*	5,9	18,8	14,6	-	10,2	
<i>Astyanax</i> aff. <i>taeniatus</i> (Jenyns 1842)	-	12,5	2,4	-	3,1	
Subfamília Stethaprioninae						
<i>Orthospinus franciscensis</i> (Eigenmann 1914)*	17,6	6,3	9,8	12,5	11,2	
Subfamília Characinae						
<i>Phenacogaster franciscoensis</i> Eigenmann 1911*	5,9	18,8	14,6	-	10,2	
<i>Roeboides xenodon</i> (Reinhardt 1851)*	11,8	-	-	8,3	4,1	
Subfamília Tetragonopterinae						
<i>Tetragonopterus chalceus</i> Spix & Agassiz 1829	17,6	-	12,2	4,2	9,2	
Subfamília Cheirodontinae						
<i>Serrapinnus heterodon</i> (Eigenmann 1915)	5,9	6,3	12,2	16,7	11,2	
<i>Serrapinnus piaba</i> (Lütken 1875)	-	12,5	9,8	12,5	9,2	
Subfamília Pristellinae						
<i>Hemigrammus brevis</i> Ellis 1911*	-	6,3	7,3	-	4,1	
<i>Hemigrammus gracilis</i> (Lütken 1875)	-	18,8	7,3	-	6,1	
<i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis 1911	-	25,0	22,0	-	13,3	
<i>Hyphessobrycon diastatos</i> Dagosta, Marinho & Camelier 2014	-	18,8	7,3	-	6,1	
<i>Hyphessobrycon eques</i> (Steindachner 1882)**	5,9	-	4,9	-	3,1	
<i>Moenkhausia costae</i> (Steindachner 1907)	11,8	6,3	4,9	16,7	9,2	
<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i> (Steindachner 1907)	5,9	18,8	9,8	-	8,2	
Subfamília Stevardiinae						
<i>Piabarchus stramineus</i> (Eigenmann 1908)	5,9	6,3	2,4	-	3,1	
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt 1867	-	18,8	17,1	4,2	11,2	
Família Bryconidae						
Subfamília Bryconinae						
<i>Brycon orthotaenia</i> Günther 1864 ^m	11,8	-	-	-	2,0	
Subfamília Salmininae						
<i>Salminus franciscanus</i> Lima & Britski 2007* ^m	17,6	-	7,3	-	6,1	NT
Família Triportheidae						
Subfamília Triportheinae						
<i>Triportheus guentheri</i> (Garman 1890)*	17,6	-	2,4	8,3	6,1	
Família Iguanodectidae						
<i>Bryconops</i> aff. <i>affinis</i> (Günther 1864)	-	25,0	22,0	-	13,3	
Família Crenuchidae						
Subfamília Characidiinae						
<i>Characidium bahiense</i> Almeida 1971***	-	12,5	4,9	-	4,1	DD
<i>Characidium</i> sp. n.****	-	18,8	14,6	-	9,2	
Ordem Siluriformes						
Família Auchenipteridae						
Subfamília Centromochlinae						
<i>Centromochlus bockmanni</i> (Sarmiento-Soares & Backup 2005)*	-	-	2,4	-	1,0	
Subfamília Auchenipterinae						
<i>Trachelyopterus striatulus</i> (Steindachner 1877)	11,8	6,3	7,3	4,2	7,1	
Família Pimelodidae						
<i>Bergiaria westermanni</i> (Lütken 1874)	5,9	-	-	-	1,0	
<i>Pimelodus pohli</i> Ribeiro & Lucena 2006*	17,6	-	-	-	3,1	

Lista Taxonômica	Frequência (%)					Grau de ameaça
	SSF	SRG	SRC	SRR	Total	
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> (Spix & Agassiz 1829) ^m	5,9	-	-	-	1,0	
Família Pseudopimelodidae						
<i>Lophiosilurus alexandri</i> Steindachner 1876*	11,8	-	2,4	-	3,1	VU
<i>Microglanis leptostriatus</i> Mori & Shibatta 2006*	-	-	2,4	-	1,0	
Família Heptapteridae						
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i> Schubart & Gomes 1959	-	25,0	7,3	-	7,1	
<i>Imparfinis borodini</i> Mees & Cala 1989	-	-	2,4	-	1,0	
<i>Imparfinis minutus</i> (Lütken 1874)*	-	6,3	7,3	-	4,1	
<i>Pimelodella laurenti</i> Fowler 1941*	-	6,3	4,9	-	3,1	
<i>Pimelodella</i> aff. <i>vittata</i> (Lütken 1874)	-	12,5	2,4	4,2	4,1	
<i>Rhamdia</i> aff. <i>quelen</i> (Quoy & Gaimard 1824)	-	12,5	-	4,2	3,1	
Família Trichomycteridae						
Subfamília Stegophilinae						
<i>Stegophilus insidiosus</i> Reinhardt 1859*	-	-	2,4	-	1,0	
Família Callichthyidae						
Subfamília Callichthyinae						
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock 1828)	11,8	-	-	20,8	7,1	
Subfamília Corydoradinae						
<i>Corydoras garbei</i> ihering 1911*	-	-	-	8,3	2,0	
<i>Corydoras multimaculatus</i> Steindachner 1907*	-	6,3	7,3	-	4,1	
Família Loricariidae						
Subfamília Otothyriinae						
<i>Hisonotus vespucii</i> Roxo, Silva & Oliveira 2015*	-	6,3	12,2	-	6,1	
Subfamília Hypoptopomatinae						
<i>Otocinclus xakriaba</i> Schaefer 1997*	-	6,3	4,9	-	3,1	
Subfamília Loricariinae						
<i>Harttia</i> cf. <i>garavelloii</i> Oyakawa 1993	-	-	7,3	-	3,1	NT
<i>Harttia longipinna</i> Langeani, Oyakawa & Montoya-Burgos 2001*	-	-	7,3	-	3,1	DD
<i>Rineloricaria</i> sensu Fischberg	-	-	7,3	-	3,1	
Subfamília Hypostominae						
<i>Hypostomus</i> aff. <i>alatus</i> Castelnau 1855	5,9	-	-	-	1,0	
<i>Hypostomus</i> aff. <i>francisci</i> (Lütken 1874)	-	12,5	-	-	2,0	
<i>Hypostomus francisci</i> (Lütken 1874)	11,8	6,3	4,9	-	5,1	
<i>Hypostomus lima</i> (Lütken 1874)*	-	-	4,9	-	2,0	
<i>Hypostomus macrops</i> (Eigenmann & Eigenmann 1888)*	-	-	9,8	-	4,1	
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i> (Spix & Agassiz 1829)	17,6	-	-	4,2	4,1	
Ordem Gymnotiformes						
Família Sternopygidae						
<i>Eigenmannia microstoma</i> (Reinhardt 1852)*	11,8	18,8	9,8	-	9,2	DD
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider 1801)	5,9	18,8	7,3	-	7,1	
Família Gymnotidae						
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	-	6,3	2,4	-	2,0	
Ordem Cyprinodontiformes						
Família Rivulidae						
<i>Cynolebias attenuatus</i> Costa 2001*	5,9	-	-	8,3	3,1	DD
<i>Cynolebias</i> cf. <i>gibbus</i> Costa 2001*	-	-	-	4,2	1,0	
<i>Cynolebias gilbertoi</i> Costa 1998*	-	-	-	4,2	1,0	
<i>Cynolebias</i> cf. <i>leptocephalus</i> Costa & Brasil 1993*	-	-	-	4,2	1,0	CR
<i>Hypsolebias flagellatus</i> (Costa 2003)*	-	-	-	4,2	1,0	
<i>Hypsolebias fulminantis</i> (Costa & Brasil 1993)*	-	-	-	20,8	5,1	CR
<i>Hypsolebias ghisolfii</i> (Costa, Cyrino & Nielsen 1996)*	-	-	-	4,2	1,0	CR

Lista Taxonômica	Frequência (%)					Grau de ameaça
	SSF	SRG	SRC	SRR	Total	
<i>Hypsolebias guanambi</i> Costa & Amorim 2011*	5,9	-	-	4,2	2,0	VU
<i>Hypsolebias magnificus</i> (Costa & Brasil 1991)*	-	-	-	4,2	1,0	EN
Família Poeciliidae						
Subfamília Poeciliinae						
<i>Pamphorichthys hollandi</i> (Henn 1916)	5,9	-	2,4	4,2	3,1	
Ordem Synbranchiformes						
Família Synbranchidae						
<i>Synbranchus</i> cf. <i>pardalis</i>	5,9	12,5	2,4	-	4,1	
Ordem Perciformes						
Superordem Percoidei						
Família Sciaenidae						
<i>Pachyurus francisci</i> (Cuvier 1830)*	17,6	-	9,8	-	7,1	NT
<i>Plagioscion squamosissimus</i> (Heckel 1840)	5,9	-	-	-	1,0	
Superordem Labroidei						
Família Cichlidae						
Subfamília Pseudocrenilabrinae						
<i>Coptodon rendalli</i> (Boulenger 1897)**	-	-	-	20,8	5,1	
Subfamília Cichlinae						
<i>Cichlasoma sanctifranciscense</i> Kullander 1983	5,9	25,0	12,2	8,3	12,2	
<i>Crenicichla</i> aff. <i>lepidota</i> Heckel 1840	5,9	6,3	12,2	4,2	8,2	
N	1.132	1.752	2.717	1.368	6.969	
S	55	52	72	38	100	

A bacia do rio São Francisco está entre as quatro ecorregiões mais endêmicas do Brasil (ALBERT; REIS, 2011). Esse elevado endemismo foi evidenciado no presente trabalho, uma vez que 45% das espécies coletadas são endêmicas da BHSF. Além disso, seis dessas espécies encontram-se ameaçadas de extinção (ICMBIO, 2016). As espécies *Cynolebias* cf. *leptocephalus*, *Hypsolebias fulminantis* e *Hypsolebias ghisolfii* estão classificadas como "Criticamente em Perigo" (CR), *Hypsolebias magnificus* como "Em Perigo" (EN), e *Hypsolebias guanambi* e *Lophiosilurus alexandri* (pacamã) como "Vulneráveis" (VU).

Das seis espécies ameaçadas, cinco são da família Rivulidae. Os rivulídeos, também conhecidos como "peixes anuais", são importantes bioindicadores (AREZO et al., 2007). Esses peixes vivem em zonas úmidas que secam durante a época de estiagem, e seus ovos permanecem vivos no substrato durante períodos de seca em estágio de diapausa, e na estação chuvosa eclodem para iniciar um novo ciclo (WOURMS, 1972; ROSA et al., 2003). Os peixes anuais possuem baixa plasticidade ecológica e são sensíveis às ações antrópicas, como drenagens e aterramentos (COSTA, 2002; VOLCAN; LANÉS; CHEFFE, 2010), o que provavelmente contribuiu para o elevado número de espécies ameaçadas desse grupo (125 espécies) (ICMBIO, 2016). Dessa forma, para a conservação dessas espécies é essencial a preservação de poças e lagoas temporárias.

Foram coletadas três espécies consideradas como "Quase Ameaçadas" (NT) (*Salminus franciscanus*, *Pachyurus francisci* e *Harttia* cf. *garavelloii*). O dourado (*S. franciscanus*) e a corvina

(*P. francisci*) são alvos da pesca excessiva, que juntamente com as normas pesqueiras deficientes e barramentos contribuem para atual situação destas espécies (GODINHO; GODINHO, 2003; ALVES; VIEIRA; POMPEU, 2011). A coleta das espécies que estão na categoria de "Dados Insuficientes" (DD) também é relevante, pois aumenta o conhecimento da ocorrência e distribuição dessas espécies no ambiente. No presente estudo, o *Characidium bahiense* e as espécies endêmicas *Myleus altipinnis*, *Harttia longipinna*, *Eigenmannia microstoma* e *Cynolebias attenuatus* estão nesta categoria.

Foram registradas 11 espécies migratórias, mais do que o encontrado em outros estudos da BHSF. Nos estudos de Sato, Cardoso e Amorim (1987), no Alto São Francisco, e Alves et al., (1998), em toda BHSF, foram registradas 10 espécies migratórias, enquanto Pompeu e Godinho (2003) e Luz et al. (2009) encontraram 7 espécies migratórias no Médio e Submédio São Francisco, respectivamente. A presença dessas espécies demonstra a importância dessa região como rota de migração para a realização de seus processos reprodutivos.

Das espécies introduzidas, *Coptodon rendalli* (tilápia) é de origem africana e possui grande valor comercial, por isso sua introdução está associada à atividade de piscicultura. A tilápia esteve presente apenas na sub-bacia do rio das Rãs, que possui como característica rios com baixa velocidade da água, sendo esta uma condição favorável para a espécie (SMITH; BARRELLA, 2000). Os pacus *Metynnis lippincottianus* e *M. maculatus* são endêmicos das bacias dos rios Amazonas e Paraguai, respectivamente (ESCHMEYER; FRICKE; VAN DER LAAN, 2017). As duas espécies foram restritas às sub-bacias dos rios Grande e Corrente, onde foram coletadas junto com a espécie endêmica *Myleus micans*, que é da mesma família e parecem compartilhar o mesmo habitat. Também foi coletado na calha principal do rio São Francisco e sub-bacia do rio Corrente o peixe amazônico *Hyphessobrycon eques*, o qual a introdução está relacionada ao aquarismo. A presença de *H. eques* é preocupante, pois o mesmo tende a se tornar mais abundante do que as espécies nativas congêneres (ALVES et al., 2007). A presença de peixes introduzidos parece se tornar cada vez mais comum na BHSF (GODINHO; GODINHO, 2003; SILVA; SANTOS; RATTON, 2006b; LUZ et al., 2009; ALVES; POMPEU, 2010), o que é um grande problema diante dos danos que podem causar à estrutura das assembleias de peixes nativas desses ecossistemas aquáticos (LATINI; PETRERE, 2004; ALVES et al., 2007; PELICICE; AGOSTINHO, 2009; BRITTON; ORSI, 2012).

Este estudo preenche uma importante lacuna de conhecimento dos peixes do Médio São Francisco no estado da Bahia. A expressiva riqueza de espécies, aliada ao elevado endemismo, e registros de espécies ameaçadas, bioindicadoras e migratórias permitem considerar essa região

como uma área importante para manutenção da diversidade da ictiofauna na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Esse conhecimento é essencial para que estratégias conservacionistas locais e regionais possam ser efetivas. São necessárias e urgentes que algumas medidas de conservação sejam tomadas, como priorizar as espécies nativas em programas de piscicultura, ter maior fiscalização em criatórios de peixes ornamentais e da pesca profissional (principalmente no período de defeso), além de garantir a conservação de poças temporárias, as quais são essenciais para a manutenção dos 'peixes anuais'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELHA, F. C. M.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum. Biological Science**, n. 1983, p. 425–434, 2001.
- AGOSTINHO, Â. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 70–78, 2005.
- ALBERT, J. S.; REIS, R. E. **Historical biogeography of neotropical freshwater fishes**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 2011.
- ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. dos S. A fauna de peixes da bacia do rio das Velhas no final do século XX. In: ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. DOS S. (Ed.). **Peixes do rio das Velhas: passado e presente**. 2. ed. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2010. p. 167–189.
- ALVES, C. B. M.; VIEIRA, F.; MAGALHAES, A. L. B.; BRITO, M. F. G. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: Present situation and prospects. **Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities**, v. 6, p. World Aquaculture Soc-World Aquaculture Soc, 2007.
- ALVES, C. B. M.; VIEIRA, F.; POMPEU, P. S. 2. Caracterização da Fauna na bacia hidrográfica do rio São Francisco. **Diagnóstico do Macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco**, p. 488, 2011.
- ALVES, C. B. M.; VIEIRA, F.; POMPEU, P. S.; FONSECA, P. R. **Plano diretor dos recursos hídricos das bacias de afluentes do rio sao francisco em minas gerais—ictiofauna**. Belo Horizonte: Ecoplan/Magna/CAB, 1998.
- ANDRIAN, I. D. F.; SILVA, H. B. R.; PERETTI, D. Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae) da área de influência do reservatório de Corumbá, estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 435–440, 2001.
- AREZO, M. J.; D’ALESSANDRO, S.; PAPA, N.; DE SÁ, R.; BEROIS, N. Sex differentiation pattern in the annual fish *Austrolebias charrua* (Cyprinodontiformes: Rivulidae). **Tissue and Cell**, v. 39, n. 2, p. 89–98, 2007.
- BENNEMANN, S. T.; SHIBATTA, O. A.; GARAVELLO, J. C. **Peixes do rio tibagi: uma abordagem ecológica**. 1. ed. Londrina: Editora UEL, 2000.
- BRITTON, J. R.; ORSI, M. L. Non-native fish in aquaculture and sport fishing in Brazil: Economic benefits versus risks to fish diversity in the upper River Paran?? Basin. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, n. 3, p. 555–565, 2012.
- BUCKUP, P. A. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. In: **Oecologia Brasiliensis**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999. 6p. 91–138.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do brasil**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.
- CAMELIER, P.; ZANATA, A. M. Biogeography of freshwater fishes from the Northeastern Mata Atlântica freshwater ecoregion: Distribution, Endemism, and area relationships. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 4, p. 683–698, 2014.

CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. A fish community of the São Francisco River headwaters riffles, southeastern Brazil. **Ichthyological exploration of freshwaters**, v. 9, p. 229–242, 1998.

CASATTI, L.; LANGEANI, F.; CASTRO, R. M. C. Peixes De Riacho Do Parque Estadual Morro Do Diabo , Bacia Do Alto Rio Paraná , Sp. **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?inventory+BN00201122001>>.

CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. In: **Ecologia de peixes de riachos**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999. 6p. 139–155.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **A Bacia**. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em: 25 out. 2014.

CORRÊA, F. Ichthyofauna of the hydrographic basin of Chasqueiro Stream (Mirim Lagoon system, southern Brazil) generating subsidies for conservation and management. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 4, p. 1–13, 2015.

COSTA, W. J. E. M. **Peixes anuais brasileiros: diversidade e conservação**. Curitiba: Editora UFPR, 2002.

ESCHMEYER, W. N.; FRICKE, R.; VAN DER LAAN, R. **Catalog of Fishes: Genera, Species, References**. Disponível em: <<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. Breve visão do São Francisco. In: GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. (Ed.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 15–23.

GOMES, J. H. C.; VERANI, J. R. Alimentação de espécies de peixes do reservatório de Três Marias. In: GODINHO, H. P.; GODINHO, A. L. (Ed.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 195–227.

HAHN, N. S.; DELARIVA, R. L.; LOUREIRO, V. E. Feeding of *Acestrorhynchus lacustris* (Characidae): a post impoundment studies on Itaipu reservoir, upper Paraná River, PR. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, n. 2, p. 207–213, 2000.

ICMBIO, I. C. M. de C. da B. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção - executive summary**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2016.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Comitês**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

LATINI, A. O.; PETRERE, M. Reduction of a native fish fauna by alien species: An example from Brazilian freshwater tropical lakes. **Fisheries Management and Ecology**, v. 11, n. 2, p. 71–79, 2004.

LOUREIRO-CRIPPA, V. E.; HAHN, N. S. Use of food resources by the fish fauna of a small reservoir (rio Jordão, Brazil) before and shortly after its filling. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 3, p. 357–362, 2006.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Ecological studies in tropical fish communities**. [s.l.] Cambridge University Press, 1987.

LUZ, S. C. S. Da; EL-DEIR, A. C. A.; FRANÇA, E. J. De; SEVERI, W. Estrutura da assembléia de peixes de uma lagoa marginal desconectada do rio, no submédio Rio São Francisco, Pernambuco. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, p. 117–129, 2009.

MESCHIATTI, A. J. Alimentação da comunidade de peixes de uma lago marginal do Rio Mogi-Guaçu, SP. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 7, p. 115–137, 1995.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. **Biological Invasions**, v. 11, n. 8, p. 1789–1801, 2009.

POMPEU, P. D. S.; GODINHO, H. P. Effects of extended absence of flooding on the fish assemblages of three floodplain lagoons in the middle São Francisco River, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 4, p. 427–433, 2006.

POMPEU, P. S.; GODINHO, H. P. Ictiofauna de três lagoas marginais do médio São Francisco. In: GODINHO, A. L.; GODINHO, H. P. (Ed.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 167–181.

[CSL STYLE ERROR: reference with no printed form.]

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. **Check list of the freshwater fishes of south and central america**. Porto Alegre: Edipucrs, 2003.

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Universitária da UFPE, 2003. p. 135–180.

SATO, Y.; CARDOSO, E. L.; AMORIM, J. C. C. **Peixes das lagoas marginais do rio são francisco a montante da represa de três marias (minas gerais)**. Brasília: Codevasf, 1987.

SILVA, A. R. M.; SANTOS, G. B.; RATTON, T. Fish community structure of Juramento reservoir, São Francisco River basin, Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 832–840, 2006.

SILVA, C. B. da; CLARKE, R. T. Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 265–272, 2004.

SMITH, W. S.; BARRELLA, W. The ichthyofauna of the marginal lagoons of the Sorocaba River, SP, Brazil: composition, abundance and effect of the anthropogenic actions. **Brazilian journal of biology**, v. 60, n. 4, p. 627–632, 2000.

VOLCAN, M. V.; LANÉS, L. E. K.; CHEFFE, M. M. Distribuição e conservação de peixes anuais (Cyprinodontiformes: Rivulidae) no município do Chuí, sul do Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 4, p. 51–58, 2010.

WOURMS, J. P. Developmental Biology of Annual Fishes. **Journal of Experimental Zoology**., p. 143–168, 1972.

ZHANG, Z. Q. Animal biodiversity: An update of classification and diversity in 2013. **Zootaxa**, v. 3703, n. 1, p. 5–11, 2013.

CAPÍTULO II

Manuscrito publicado no volume 46 (4) em setembro de 2018 na revista “*Latin American Journal of Aquatic Research*”

“Mudanças na assembleia de peixes causadas por diferentes biomas Neotropicais”

RESUMO

Foram estudadas as principais causas dos padrões de distribuição da assembleia de peixes na região de transição entre os biomas Cerrado-Caatinga, em um rio grande no Brasil (o rio São Francisco). Variáveis bióticas e abióticas foram coletadas em 17 pontos amostrais e em dois períodos durante o ano de 2015, localizados em três sub-bacias. Cerca de 1689 indivíduos de peixes foram coletados, distribuídos em 69 espécies, 51 gêneros, 22 famílias e sete ordens. Houve uma baixa sobreposição de espécies, com somente sete espécies comuns às três sub-bacias amostradas. O maior compartilhamento ocorreu entre as sub-bacias do bioma Cerrado, com 22 espécies restritas. *Crenicichla lepidota*, *Psellogrammus kennedyi* e *Hoplosternum littorale* foram associados à sub-bacia da Caatinga, e *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* e *Bryconops* aff. *affinis* às sub-bacias do Cerrado. A assembleia de peixes apresentou variação espacial significativa entre os biomas, e a distribuição foi determinada por uma interação da variável regional altitude com as variáveis locais: largura, substrato e velocidade superficial da água (fatores ambientais), mas os fatores geográficos também foram importantes. A diferença da assembleia de peixes entre os biomas separados por um rio grande possui implicações importantes para estratégias de conservação, gestão ou avaliação da biodiversidade.

Palavras-chave: ictiofauna; partição de variação; rio São Francisco; padrão espacial.

“Changes in fish assemblages caused by different Neotropical biomes”

ABSTRACT

We study the main causes of the spatial distribution pattern of fish species assemblage in the transition region between Cerrado-Caatinga biomes, in a large river in Brazil (the São Francisco River). Biotic and abiotic variables were collected at 17 sampling sites and in two periods during 2015, located in three sub-basins. Some 1689 individual fish were sampled, distributed in 69 species, 51 genera, 22 families and seven orders. There was a low overlap of species, with only seven species in common among the three sub-basins. The largest degree of sharing occurred between sub-basins from the Cerrado biome, with 22 restricted species. *Crenicichla lepidota*, *Psellogrammus kennedyi* and *Hoplosternum littorale* were associated with the sub-basin from Caatinga, and *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* and *Bryconops* aff. *affinis* with Cerrado sub-basins. The fish assemblage showed significant spatial variation between biomes, and the distribution was determined by an interaction of altitude regional variable with local variables such as river width, substrate and water superficial velocity (environmental factors), but geographical factors were also important. The fish species assemblage difference between biomes separated by a large river has important implications for conservation strategies, management or evaluation of biodiversity, needing several strategies for their preservation considering small geographic areas.

Key words: ichthyofauna; variation partition; São Francisco river; spatial pattern.

Research Article

Changes in fish assemblages caused by different Neotropical biomes

Leydiane Rodrigues¹, Alberto Carmassi², Gilmar Perbiche-Neves² & Luisa María Sarmiento-Soares¹

¹Instituto Nacional da Mata Atlântica, CEP 29650-000, Santa Teresa, Espírito Santo, Brazil

²Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Paulo, Brazil

Corresponding author: Gilmar Perbiche-Neves (gilmarperbiche83@gmail.com)

ABSTRACT. We studied the leading causes of the spatial distribution pattern of fish species assemblage in the transition region between Cerrado-Caatinga biomes, in the São Francisco River (Brazil). Biotic and abiotic variables were collected at 17 sampling sites located in three sub-basins, in two periods during 2015. Some 1689 individual fish were sampled, distributed in 69 species, 51 genera, 22 families and seven orders. There was a low overlap of species, with only seven species in common among the three sub-basins. The most substantial degree of sharing occurred between sub-basins from the Cerrado biome, with 22 restricted species. *Crenicichla lepidota*, *Psellogrammus kennedyi*, and *Hoplosternum littorale* were associated with the sub-basin from Caatinga, and *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* and *Bryconops* aff. *affinis* with Cerrado sub-basins. The fish assemblage showed significant spatial variation between biomes, and the distribution was determined by an interaction of regional altitude variable with local variables such as river width, substrate and water velocity (environmental factors), but geographical factors were also important. Fish assemblage difference along a large river course has significant implications for conservation strategies, management or evaluation of biodiversity, needing several strategies for their preservation considering small geographic areas.

Keywords: ichthyofauna, spatial pattern, variation partition, São Francisco River, Brazil.

INTRODUCTION

Richness and abundance of species may differ in space and time, and it is conditioned by the capacity of colonization in a specific place or region, finding favorable conditions and resources, and acting also in biological interactions such as competition, predation, and parasitism (Begon *et al.*, 2009). The communities ecology uses a series of physical and ecological attributes to explain the distribution of fish species (Súarez & Junior, 2007). However, the importance of several factors influencing the structure of communities depends on the scale at which the study is performed (Jackson *et al.*, 2001).

Habitat characteristics act as species filters because they decrease the choices for one species to colonize a specific environment (Poff, 1997). Factors of large-scale variables such as altitude, declivity, and position of the stream in the basin can be reflected in differences in the composition and diversity of fishes. Local factors can also be added, which can act on the ecological structure, physiological parameters (Gerhard *et al.*, 2004)

and modifications caused by humans (Peressin & Cetra, 2014). The hydrological regime, width and depth of the river (Súarez & Lima-Junior, 2009), velocity (Allan & Flecker, 1995; Valério *et al.*, 2007) and variation of the water flow (Silvano *et al.*, 2000) are other important variables which can apply pressure to fish assemblages. Thus, the species are not distributed randomly and uniformly in the aquatic ecosystems, and the patterns of distribution is a result of historical and present processes (Oberdorff *et al.*, 2001; Wiens & Donoghue, 2004).

Although deterministic and stochastic processes are both important influences on the organization of fish assemblages, studies were made to identify which of these are responsible for the main control of communities. Grossman *et al.* (1982, 1985) maintain that fish species assemblages are organized naturally on stochastic type, but other researchers have concluded that deterministic factors act in the regulation of fish communities (Yant *et al.*, 1984; Gorman, 1986; Morán-López *et al.*, 2006; Suárez *et al.*, 2007; Suárez & Juni

2008). However, the most likely is an interaction between random and deterministic elements, and this combination acts in the definition of fish assemblages (May, 1986; Strange *et al.*, 1992; Suárez & Junior, 2005).

Describing and quantifying the spatial pattern of fish species assemblage can help in a better comprehension of the processes responsible for the observed patterns. The São Francisco River hydrographic basin (592,794 km²) is one of the most important biogeographical units for Neotropical fishes (Reis *et al.*, 2003; Albert & Reis, 2011). This basin has regions with distinct environmental and geographic characteristics, which can determine the presence of different patterns of species distribution.

This study determines the spatial distribution pattern of fish species assemblages in the transition zone of the Cerrado-Caatinga biomes, in the middle portion of the São Francisco River basin. We aimed to answer the following questions: i) how fish species are spatially distributed? ii) which environmental variables are more strongly related to its distribution? iii) which factors (environmental and geographic) most closely explain the variation of species composition? We tested the hypothesis that fish species composition varies among the sub-basins even when these are connected by a large river (São Francisco River), due to differences in the environmental features within the Cerrado and Caatinga biomes.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The São Francisco River is one of the largest rivers in South America (about 2,700 km length), is also one of the most important for electricity supply, drinking water, and fishing for 20 million people (Brito & Magalhães, 2017). Face to its dimension; this hydrographic basin is separated into four areas: High, Middle, Sub-middle and Low São Francisco (CBHSF, 2014). The river's watershed reaches 521 cities across six states Minas Gerais, Bahia, Goiás, Sergipe, Pernambuco, Alagoas and three biomes (Atlantic Forest, Cerrado and Caatinga). The final stretch of the São Francisco River in the semi-arid region of Brazil, an area comprising savanna-like vegetation where severe periodic drought brings difficulties to survival along certain areas within river valley.

The Middle portion of the São Francisco River comprises the stretch between the municipality of Pirapora (MG) and Remanso (BA), representing 53% of the the total area of the São Francisco basin. The sampled area comprised the Grande, Corrente and Rãs

sub-basins, between the cities of Barreiras and Guanambi, in Middle São Francisco, Bahia State.

The Grande River sub-basin has an area of 76,630 km², although the Corrente River sub-basin comprises an area of 34,875 km². Both sub-basins have a tropical climate with a dry winter ("Aw"), according to Köppen (Alvares *et al.*, 2013). The most of the Grande and Corrente rivers sub-basins have their sources in the occidental highlands of the São Francisco River, where the Cerrado biome is dominant (INEMA, 2017). The Rãs River sub-basin is located in a region with low rainfall (Silva & Clarke, 2004), with predominance of the Caatinga biome, where the most tributaries are intermittent, and waters are turbid (INEMA, 2017). This sub-basin has a dry semi-arid climate at low latitude and altitude ("BSh"), according to Köppen's classification (Alvares *et al.*, 2013).

Data sampling

Samplings were carried out in February and August 2015 at 17 sites (Fig. 1): four sites in the Grande River sub-basin (Cerrado); nine sites in the Corrente River sub-basin (Cerrado); and four sites in the Rãs River sub-basin (Caatinga).

The samples were collected in 50 m stretches. At each stretch, data were collected along three cross-sections at 5, 25 and 45 m. In each of these sections, the following variables were measured: width (m), depth (m), substrate type, water velocity (m s⁻¹, using a floating object).

The substrate type was classified in the following categories: i) leaves, ii) branches and trunks; iii) silt (<0,6 mm), iv) sand (0,6-2 mm), v) gravel (>2-16 mm), vi) pebbles (>16-64 mm), vii) boulders (>64-265 mm) and viii) blocks (>265 mm). A value between 1 to 4 was attributed for the proportion of each category to classify the composition of the substrate, being 1 until 24%, 2 between 25-49%, 3 between 50-74%, and 4 up to 75%. These categories were grouped into two groups, and the values were calculated from a weighted mean of each substrate. The categories i, iii and iv were grouped as small substrates, and the categories ii, v, vi, vii and viii as large substrates.

Different techniques were applied to sample the fish. For sand river beaches, a Picard-type trawl-net (6×2.6 m) was cast five times, and when the site had vegetation, another net (1×0.6 m, of 1 mm mesh size) was cast ten times. Three kinds of gill nets (25×2.5 m, with a mesh size of 30, 50 and 100 mm between opposing nodes) were installed and left for 1h 30 min; and a jar net (3 m diameter, 40 mm mesh size) were cast 15 times at each sampling site. After sampling, fishes were anesthetized with benzocaine hydrochloride and fixed with formalin

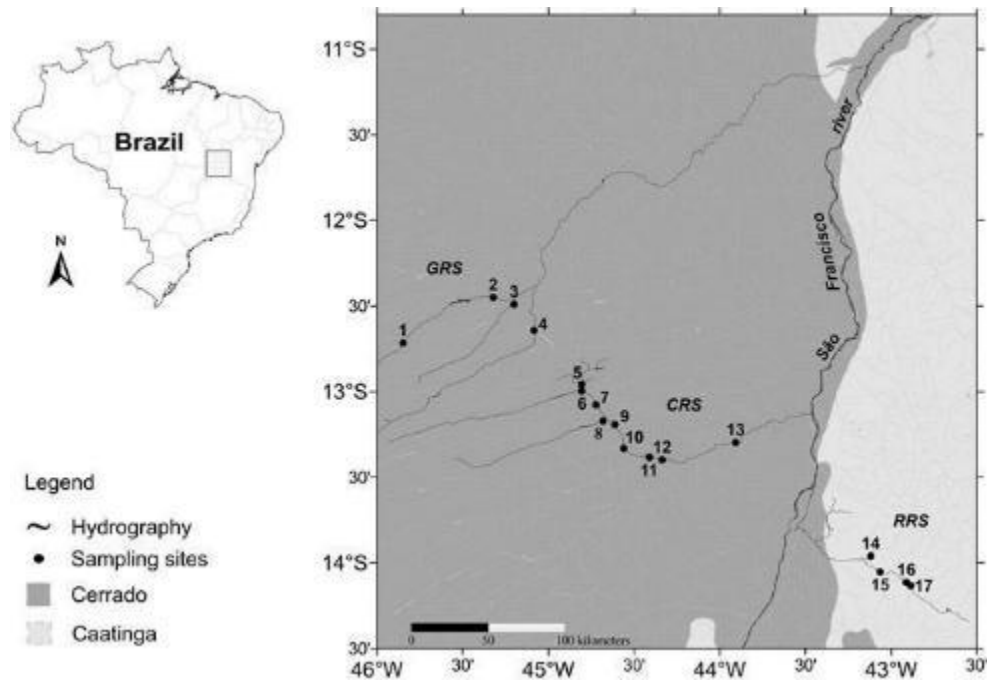


Figure 1. Sampling sites in Grande (GRS), Corrente (CRS) and Rãs (RRS) rivers sub-basins.

10% by 48 h, with subsequent conservation in ethanol (70%). All individuals were incorporated into the ichthyologic collection of the Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA), Laboratory of Zoology.

Data analysis

Because of the differences of techniques and number of repetitions in each sub-basin, we used occurrence data and importance index (IP) calculated for each species ($IP_{ij} = N_{ij} \square B_{ij} / \sum(N_{ij} \square B_{ij})$). The variables

N_i and B_j correspond to the number of individuals j

and biomass, respectively, of species i in sample j . The index IP is a modification of ponderable index proposed initially by Beaumord & Junior (1994) (Ferreira & Petreire, 2009), useful to measure the representativeness of each species as a relative contribution (values varying between 0-1).

Non-metric multidimensional scaling analysis (NMDS) was used to verify trends in the spatial distribution of fish, with the dissimilarity Jaccard coefficient. This analysis sorts the points in a bidimensional plot, where the relative distances reflect the dissimilarity between samples. The resolution distortion is expressed by Stress (S), and the closer to zero the better is the relationship between the original distance of the objects and the configuration obtained (Legendre & Legendre, 1998). A Permutation Multivariate Analysis of Variance procedure (PERMANOVA) with 9999 permutations was used to test the signifi-

cance of patterns given by NMDS, also using the Jaccard coefficient. The relation of the importance of the species with the ordered points was verified with the function 'Envfit' to overlap the matrix of IP index of the species with the ordination by NMDS. Function Envfit finds directions in the space ordinate, for which the factors show maximum correlations with the configuration (Oksanen *et al.*, 2016). After an adjusted correlation coefficient (R^2) for the IP of each species, a random test with 9999 permutations was used to verify

the significance of importance of each species for all axes in conjunction.

To select the variables which best explain the pattern of species distribution, a redundancy analysis (RDA) was performed. An index matrix IP of species was used as the dependent variable and environmental data as the explanatory (independent) variable. The multicollinearity effect among environmental variables was verified using factors of inflation of variation (FIV). The selection of variables was performed by stepping forward through the permutations to select the best model to explain the data variation, and it was used as criteria for selection of the value of Akaike's Information Criterion (AIC). The significance of RDA was tested by using analysis of variance (ANOVA) with a permutation test (function 'permutest'; permutations = 9999).

Variation partition was employed to quantify the relative contribution of environmental factors (local

variables) and geographical variables (sub-basins) on the distribution of fish species assemblages. We used the function ‘varpart’ for partition of the total explained variation from RDA (adjusted R^2) in isolated contributions (“pure”) and combined of different predictors (Peres-Neto *et al.*, 2006). In contrast to common R^2 , the adjusted R^2 is impartial, and its expected value is $R^2 = 0$ (Oksanen *et al.*, 2016). In our study the observed variation was partitioned into the following factors: i) pure environmental (variation explained exclusively by local variables), ii) pure geographic (variation explanation is related only with sub-basins), and iii) environmental and geographical shared (explanation shared by environmental and geographic factors). The remains are a percentage of variance not explained by these predictors (residuals of analysis) (Borcard *et al.*, 1992). ANOVA with a permutation test (function *permutest*; permutations = 9999) was used to verify the partitions significance.

We used $P = 0.05$ as the significance level for all analyzes. PERMANOVA was performed in PAST software (Hammer *et al.*, 2001), and other analyses were made using the ‘Vegan’ package (Oksanen *et al.*, 2016) for R 3.3.2 Cran project software (R Development Core Team, 2016).

RESULTS

The Grande and Corrente rivers sub-basins had the higher values of altitude and superficial water velocity, and the predominance of block, boulder, pebble, and gravel. In contrast, the Rãs River sub-basin had sites at lower altitudes, more lentic or stagnant waters and a predominance of sand and silt. The rivers with major widths (sites 11, 12 and 13) were found in Corrente River sub-basin, as well as the deeper (site 13), followed by site 17 in Rãs River sub-basin (Table 1).

Some 1689 individual fish were sampled, comprising 69 species, in 51 genera, 22 families and seven orders (Table 2). Characiformes and Siluriformes composed 87% of species. The most species-rich family was the Characidae (21 species), followed by Loricariidae (9 species).

There was low species overlap, with only seven in common between the three sub-basins. The greatest sharing was between the Grande and Corrente rivers sub-basins, with 22 species in common. The highest species richness was found in the Corrente River sub-basin (58 species), where 22 species were exclusive, whereas the Rãs River sub-basin showed the lowest species richness (21 species) and six were exclusive.

The Grande River sub-basin was represented by 34 species, four being exclusive. *Acestrorhynchus lacustris*

($IP = 53\%$) and *Metynnis maculatus* ($IP = 19\%$) were the most representative species for the Grande River sub-basin, although for the Corrente River sub-basin were the species *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* ($IP = 66\%$) and *Bryconops* aff. *affinis* ($IP = 10\%$). *Crenicichla* aff. *lepidota* represented 84% of total importance in the Rãs River sub-basin, followed by *A. lacustris* ($IP = 9.5\%$).

Among the sampled species, 40% are endemic to the São Francisco River basin (28 species), and 6% are introduced (four species): *Coptodon rendalli* (tilapia), *Hyphessobrycon eques* (tetra-serpae), *Metynnis lippincottianus*, and *M. maculatus* (pacus) (Eschmeyer *et al.*, 2017). The species *Pachyurus francisci* and *Harttia* cf. *garavelloii* are classified as ‘Near Threatened’ (NT), and *Eigenmannia microstoma*, *Harttia longipinna*, and *Characidium bahiense* are in the category of Deficient Data (DD) (Portaria MMA N^o444, 2014).

The NMDS analysis ordinated the sampling sites into two groups. The sampling sites located in the Grande and Corrente river sub-basins were ordinated in the left side of Figure 2, although the Rãs River sub-basin sampling sites were grouped towards the right side of the biplot.

This pattern of ordination was confirmed by PERMANOVA (Pseudo- $F = 2.82$; $P = 0.0001$), which paired test showed that the fish composition of the Grande and Corrente rivers sub-basins were significantly different from the Rãs River sub-basin (Table 3).

It was possible to observe that the distribution of sampling sites is related to the biome in which the rivers run, suggesting a robust spatial variation.

The IP index values of five species showed significant association with the ordination by NMDS ($P < 0.05$) (Fig. 3). The species *Crenicichla lepidota*, *P. kennedyi* and *H. littorale* were associated with the Rãs River sub-basin, considering that the last two are restricted to the sites of the Caatinga biome. *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* and *Bryconops* aff. *affinis* were restricted to the Grande and Corrente rivers sub-basins and showed a significant association with the area sampled in the Cerrado biome.

Among the variables used in RDA, altitude, width, water superficial velocity and the substrates of larger size were significantly related to the variation obtained. The RDA concentrated 31.7% of fish assemblage variation (Pseudo- $F = 1.39$; $P = 0.01$), being both first axis of analysis and represented 21.7% of data variability (11.7% for first axis and 10% for second axis) (Fig. 4).

Axis 1 was characterized by the species variation, *Hyphessobrycon diastatos*, *Hisonotus vespucii*, and *Hemigrammus gracilis*, which were related to higher

Table 1. Sampling sites in Grande (GRS), Corrente (CRS) and Rãs (RRS) rivers sub-basins in Middle São Francisco, with locations, altitudes (m.a.s.l), mean \pm standard deviation of width (m), depth (m) and water superficial velocity ($m s^{-1}$), predominant substrates and fishing techniques. G: gill net; T: trawl-net; J: jar net; O: other nets.

Site	Water body	Sub basin	Coordinates	Altitude (m)	Width (m)	Depth (cm)	Water velocity ($m s^{-1}$)	Predominant substrates	Fishing method
1	Roda Velha River	GRS	45W5046" 12S 42' 27"	733	12.3 \pm 5.2	103.2 \pm 57.3	0.6 \pm 0.15	Pebble, boulder, and block	G, J e O
2	Fêmeas River	GRS	45W1916" 12S27'00"	680	15.7 \pm 2.6	128.1 \pm 17.2	0.8 \pm 0.05	Pebble, boulder, and block	G, J e O
3	Galheirão River	GRS	45W12'03" 12S 29' 26"	654	15.0 \pm 1.3	95.9 \pm 25.8	1.2 \pm 0.23	Pebble, boulder, and block	G, J e O
4	Grande River Tributary	GRS	45W05'01" 12S38'34"	655	11.0 \pm 3.9	139.9 \pm 67.8	0.1 \pm 0.1	Silt, sand, and leaves	G, J e O
5	Guará River Tributary	CRS	44W48'21" 12S57'29"	648	3.8 \pm 0.8	62.2 \pm 9.7	0.3 \pm 0.04	Silt and branches	J e O
6	Guará River	CRS	44W48'20" 12S59'48"	634	15.0 \pm 7	135.2 \pm 20.4	0.2 \pm 0.09	Sand, gravel, and pebble	G, T, J, and O
7	Meio River	CRS	44W43'21" 13S04'38"	617	17.3 \pm 2.9	128.8 \pm 32.3	0.8 \pm 0.4	Sand, pebble and Boulder	G, T, J and O
8	Santo Antônio River	CRS	44W40'56" 13S10'19"	600	8.7 \pm 0.03	79.5 \pm 0.2	0.3 \pm 0.18	Silt, gravel and pebble	J and O
9	Meio River	CRS	44W36'42" 13S11'33"	547	10.9 \pm 5.0	108.9 \pm 39.3	0.2 \pm 0.2	Silt, pebble and boulder	G, J and O
10	Correntina River	CRS	44W33'37" 13S19'54"	488	18.6 \pm 3	142.2 \pm 8.46	.15 \pm 0.4	Silt, pebble and Boulder	G and J
11	Correntina River	CRS	44W24'39" 13S23'03"	455	45.45 \pm 5.2	116.2 \pm 15.4	0.5 \pm 0.1	Silt, gravel and pebble	G, J and O
12	Correntina River	CRS	44W20'12" 13S23'53"	451	45.8 \pm 2.0	122.7 \pm 27.3	0.5 \pm 0.05	Silt, gravel and pebble	G, J and O
13	Correntina River	CRS	43W54'29" 13S17'37"	432	56.8 \pm 6.7	586 \pm 17.2	0.4 \pm 0.04	Silt, sand and block	G, J and O
14	Rãs River	RRS	43W07'10" 13S57'38"	463	6.4 \pm 1.8	81.0 \pm 31.7	0	Silt and branches	G, J and O
15	Carnaúba de Dentro River	RRS	43W03'52" 14S03'12"	466	14.22 \pm 6.8	91.5 \pm 18.5	0	Sand and leaves	J and O
16	Carnaúba de Dentro River	RRS	42W54'45" 14S06'51"	485	13.9 \pm 1.4	119.7 \pm 5.9	0	Silt, leaves and block	J and O
17	Carnaúba de Dentro River	RRS	42W53'11" 14S08'02"	486	8.1 \pm 1.55	154.3 \pm 13.7	0	Silt and leaves	G, J and O

altitudes, greater water superficial velocity and large substrates. Rivers with these characteristics were associated with the Grande and Corrente rivers sub-basins. *Crenicichla* aff. *lepidota* and *Hoplias* gr. *malabaricus* have a stronger relationship with rivers at lower altitudes, lower water velocity and minor substrates (Axis 1), characteristics which are positively correlated with the Rãs River sub-basin. The species *Hemigrammus marginatus* and *Piabarchus stramineus* were associated with wider rivers (Axis 2), which was more closely correlated with the Corrente River sub-basin.

RDA with variance partition reveals that spatial distribution of fish species assemblages was explained in part by environmental factors (6%) and in part by geographic factors (7%), and a combination of these two factors explained 3%. The two factors analyzed explained 16% of variance found (R^2 adjusted = 0.16) (Pseudo- $F = 1.5$; $P = 0.04$). A large percentage of variance was not explained by any of the predictors analyzed (residue = 84%) (Table 4). The nMDS (Fig. 2) and RDA (Fig. 4) corroborate for a strong difference in the distribution of fish assemblages between sub-basins located in Cerrado (Grande and Corrente rivers sub-basins) and the Caatinga (Rãs River sub-basin) biomes. RDA shows that environmental and geographic factors explain in approximate proportions the distribution pattern found.

DISCUSSION

The high degree of endemism with a low overlap of species highlights the faunistic importance of the study area. The knowledge of the spatial pattern of these assemblages allows the analysis of the relative importance of several factors to explain the distribution trends found (Matthews & Robison, 1998).

The fish species distribution in the studied region was related to the Cerrado and Caatinga biomes. Rosa *et al.* (2003) analyzed the fish species distribution pattern in Caatinga and concluded that although the fish fauna of this biome distributed within four ecoregions, probably vicariate isolations initiated by geotectonic events in the past had generated a differential ichthyofauna in Caatinga domains. The studied areas are from the same hydrographic basin but are located in environments with different characteristics, which provide conditions for assemblages with different compositions. Mugodo *et al.* (2006) highlight that the fish species distribution can be influenced by environmental factors at different spatial scales. These factors act as species filters (Poff, 1997) because they determine the conjunct of species that will colonize and persist in a specific place.

Table 2. List of fish species sampled in Grande (GRS), Corrente (CRS) and Rãs (RRS) rivers sub-basins in Middle São Francisco River. Number of individuals (N); biomass (B, in grams); importance index (*IP*, in %); abbreviation for species (AS); richness (S). Species: endemic of the São Francisco River basin (*); introduced (**); Near Threatened (NT) and Deficient Data (DD) (Portaria MMA N°444, 2014).

Taxonomic list	GRS			CRS			RRS			AS
	N	B	<i>IP</i>	N	B	<i>IP</i>	N	B	<i>IP</i>	
Order Clupeiformes										
Family Engraulidae										
<i>Anchoviella vaillanti</i> (Steindachner, 1908)*	-	-	-	2	1	<0.01	-	-	-	Avai
Order Characiformes										
Family Parodontidae										
<i>Apareiodon hasemani</i> Eigenmann, 1916*	-	-	-	11	173.7	0.53	-	-	-	Ahas
Family Curimatidae										
<i>Curimatella lepidura</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)*	-	-	-	1	18.1	0.01	134	1017	84.03	Clepi
<i>Steindachnerina elegans</i> (Steindachner, 1875)	8	130.8	2.02	39	448.1	4.87	-	-	-	Sele
Family Prochilodontidae										
<i>Prochilodus costatus</i> Valenciennes, 1850*	-	-	-	1	343	0.10	1	141.9	0.09	Pcos
Family Anostomidae										
<i>Leporellus vittatus</i> (Valenciennes, 1850)	-	-	-	2	170.7	0.10	-	-	-	Lvit
<i>Leporinus piau</i> Fowler, 1941	16	306.9	9.50	1	44.9	0.01	3	33.6	0.06	Lpia
<i>Leporinus reinhardti</i> Lütken, 1875*	-	-	-	1	29.3	0.01	-	-	-	Lrei
<i>Leporinus taeniatus</i> Lütken, 1875*	-	-	-	9	218.7	0.55	-	-	-	Ltae
<i>Schizodon knerii</i> (Steindachner, 1875)*	-	-	-	1	134.1	0.04	5	77.1	0.24	Skne
Family Erythrinidae										
<i>Hoplerethrinus unitaeniatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)	2	18.2	0.07	-	-	-	-	-	-	Huni
<i>Hoplias gr. malabaricus</i> (Bloch, 1794)	2	79.5	0.31	2	57.1	0.03	4	1002.5	2.47	Hmal
Family Acestrorhynchidae										
Subfamily Acestrorhynchinae										
<i>Acestrorhynchus lacustris</i> (Lütken, 1875)	65	422.9	53.19	46	162.5	2.08	72	213.2	9.47	Acla
Family Serrasalminidae										
<i>Metynnys lippincottianus</i> (Cope, 1870)**	3	5.7	0.03	-	-	-	-	-	-	Mlip
<i>Metynnys maculatus</i> (Kner, 1858)**	33	290.2	18.53	2	24.7	0.01	-	-	-	Mmac
<i>Myleus micans</i> (Lütken, 1875)*	16	19.22	0.60	28	94.99	0.74	-	-	-	Mmic
<i>Serrasalmus brandtii</i> Lütken, 1875*	-	-	-	3	10.68	0.01	4	79.4	0.20	Sbra
Family Characidae										
<i>Psellogrammus kennedyi</i> (Eigenmann, 1903)	-	-	-	-	-	-	6	4.1	0.02	Pken
Incertae sedis										
<i>Astyanax aff. eigenmanniorum</i> (Cope, 1894)	3	17.4	0.10	182	1308.1	66.31	-	-	-	Aeig
<i>Astyanax aff. fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	28	12.28	0.67	105	249.4	7.29	-	-	-	Afas
<i>Astyanax lacustris</i> (Lütken, 1875)	4	176.6	1.37	2	49	0.03	8	132	0.65	Alac
<i>Astyanax rivularis</i> (Lütken, 1875)*	5	16.2	0.16	11	24	0.07	-	-	-	Ariv
<i>Astyanax aff. taeniatus</i> (Jenyns 1842)	74	36.5	5.23	2	1.1	<0.01	-	-	-	Atae
Subfamily Stethaprioninae										
<i>Orthospinus franciscensis</i> (Eigenmann, 1914)*	15	28.3	0.82	-	-	-	15	31.2	0.29	Ofra
Subfamily Characinae										
<i>Phenacogaster franciscoensis</i> Eigenmann, 1911*	13	7.5	<1	68	43.07	0.01	-	-	-	Pfran
<i>Roeboides xenodon</i> (Reinhardt, 1851)*	-	-	-	-	-	-	3	22.1	0.04	Rxen
Subfamily Tetragonopterinae										
<i>Tetragonopterus chalceus</i> Spix & Agassiz, 1829	-	-	-	2	3	<0.01	1	3	<0.01	Tcha
Subfamily Cheirodontinae										
<i>Serrapinnus heterodon</i> (Eigenmann, 1915)	-	-	-	10	2.96	0.01	-	-	-	Shet
<i>Serrapinnus piaba</i> (Lütken, 1875)	6	1.38	0.02	16	6.8	0.03	25	11	0.17	Spia
Subfamily Pristellinae										
<i>Hemigrammus brevis</i> Ellis, 1911*	-	-	-	7	2.6	0.01	-	-	-	Hbre
<i>Hemigrammus gracilis</i> (Lütken, 1875)	38	7.92	0.58	18	5.74	0.03	-	-	-	Hgra
<i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis, 1911	13	2.51	0.06	14	3.6	0.01	-	-	-	Hmar
<i>Hyphessobrycon diastatos</i> Dagosta, Marinho & Camelier, 2014	38	3.54	0.26	11	1.6	<0.01	-	-	-	Hdia
<i>Hyphessobrycon eques</i> (Steindachner, 1882)**	-	-	-	2	0.8	<0.01	-	-	-	Hequ
<i>Moenkhausia costae</i> (Steindachner, 1907)	-	-	-	1	0.7	<0.01	22	46.36	0.63	Mcos
<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i> (Steindachner, 1907)	29	31.3	1.76	3	6.3	0.01	-	-	-	Msan
Subfamily Stevardiinae										
<i>Piabarchus stramineus</i> (Eigenmann, 1908)	6	24.6	0.29	1	0.2	<0.01	-	-	-	Pstr
<i>Piabina argentea</i> Reinhardt, 1867	-	-	-	9	10.5	0.03	-	-	-	Parg
Family Triportheidae										
Subfamily Triportheinae										
<i>Triportheus guentheri</i> (Garman, 1890)*	-	-	-	-	-	-	5	22.7	0.07	Tgue

Continuation

Taxonomic list	GRS			CRS			RRS			AS
	N	B	IP	N	B	IP	N	B	IP	
Family Iguanodectidae										
<i>Bryconops</i> aff. <i>affinis</i> (Günther, 1864)	10	117.8	2.28	74	508.35	10.48	-	-	-	Baff
Family Crenuchidae										
Subfamily Characidiinae										
<i>Characidium bahiense</i> Almeida, 1971 ^{DB}	17	3.7	0.12	1	0.2	<0.01	-	-	-	Cbah
<i>Characidium</i> sp.n. aff. <i>Satoi</i>	13	2.85	0.07	2	1.3	<0.01	-	-	-	Csat
Order Siluriformes										
Family Auchenipteridae										
Subfamily Centromochlinae										
<i>Centromochlus bockmanni</i> (Sarmiento-Soares & Buckup, 2005)*	-	-	-	2	1.5	<0.01	-	-	-	Cboc
Subfamily Auchenipterinae										
<i>Trachelyopterus striatulus</i> (Steindachner, 1877)	-	-	-	2	18.7	0.01	-	-	-	Tstr
Family Pseudopimelodidae										
<i>Microglanis leptostriatus</i> Mori & Shibatta, 2006*	-	-	-	3	1.4	<0.01	-	-	-	Mlep
Family Heptapteridae										
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i> Schubart & Gomes, 1959	6	3.3	0.04	6	2.6	<0.01	-	-	-	Cihe
<i>Imparfinis minutus</i> (Lütken, 1874)*	-	-	-	2	1.1	<0.01	-	-	-	Imin
<i>Phenacorhamdia tenebrosa</i> (Schubart, 1964)	-	-	-	1	0.8	<0.01	-	-	-	Pten
<i>Pimelodella laurenti</i> Fowler, 1941*	3	1.8	0.01	5	7.8	0.01	-	-	-	Plau
Family Callichthyidae										
Subfamily Callichthyinae										
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	-	-	-	-	-	-	3	42.2	0.08	Hlit
Subfamily Corydoradinae										
<i>Corydoras garbei</i> Ihering, 1911*	-	-	-	-	-	-	1	0.3	<0.01	Cgar
<i>Corydoras multimaculatus</i> Steindachner, 1907*	-	-	-	7	10.4	0.02	-	-	-	Cmul
Family Loricariidae										
Subfamily Hypoptopomatinae										
<i>Hisonotus vespuccii</i> Roxo, Silva & Oliveira, 2015*	1	0.2	<0.01	18	2.37	0.01	-	-	-	Hves
<i>Otocinclus xakriaba</i> Schaefer, 1997*	-	-	-	16	6.7	0.03	-	-	-	Oxak
Subfamily Loricariinae										
<i>Harttia</i> cf. <i>garavelloii</i> Oyakawa, 1993 ^{NI}	-	-	-	3	12.8	0.01	-	-	-	Hgar
<i>Harttia longipinna</i> Langeani, Oyakawa & Montoya-Burgos, 2001	-	-	-	2	10.8	0.01	-	-	-	Hlon
<i>Rineloricaria</i> sensu Fischberg	-	-	-	4	25.6	0.03	-	-	-	Rfis
Subfamily Hypostominae										
<i>Hypostomus</i> aff. <i>francisci</i> (Lütken, 1874)	1	44.5	<0.01	2	46.1	<0.01	-	-	-	Hafra
<i>Hypostomus francisci</i> (Lütken, 1874)	2	19.3	<0.01	-	-	-	-	-	-	Hfra
<i>Hypostomus lima</i> (Lütken, 1874)*	-	-	-	2	3.6	<0.01	-	-	-	Hlim
<i>Hypostomus macrops</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1888)*	-	-	-	33	444.09	4.08	-	-	-	Hmac
Order Gymnotiformes										
Family Sternopygidae										
<i>Eigenmannia microstoma</i> (Reinhardt, 1852)* ^{DB}	8	5.3	0.08	7	8.5	0.02	-	-	-	Emic
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	1	0.3	<0.01	3	9.4	0.01	-	-	-	Smac
Order Cyprinodontiformes										
Family Poeciliidae										
Subfamily Poeciliinae										
<i>Pamphorichthys hollandi</i> (Henn, 1916)	-	-	-	14	2.43	0.01	4	1.4	<0.01	Phol
Order Synbranchiformes										
Family Synbranchidae										
<i>Synbranchus</i> cf. <i>pardalis</i>	2	6.3	0.02	-	-	-	-	-	-	Spar
Order Perciformes										
SuperOrder Percoidei										
Family Sciaenidae										
<i>Pachyurus francisci</i> (Cuvier, 1830)* ^{NI}	-	-	-	3	46.8	<1	-	-	-	Pfra
SuperOrder Labroidei										
Family Cichlidae										
Subfamily Pseudocrenilabrinae										
<i>Coptodon rendalli</i> (Boulenger, 1897)* [*]	-	-	-	-	-	-	2	543.7	0.67	Cren
Subfamily Cichlinae										
<i>Cichlasoma sanctifranciscense</i> Kullander, 1983	11	70.7	1.50	23	179.5	1.15	7	109	0.47	Csanc
<i>Crenicichla</i> aff. <i>lepidota</i> Heckel, 1840	3	18.7	0.11	14	72.07	0.28	7	82.6	0.36	Clep
Total number of specimens		495			862			332		
Total number of species		34			58			21		

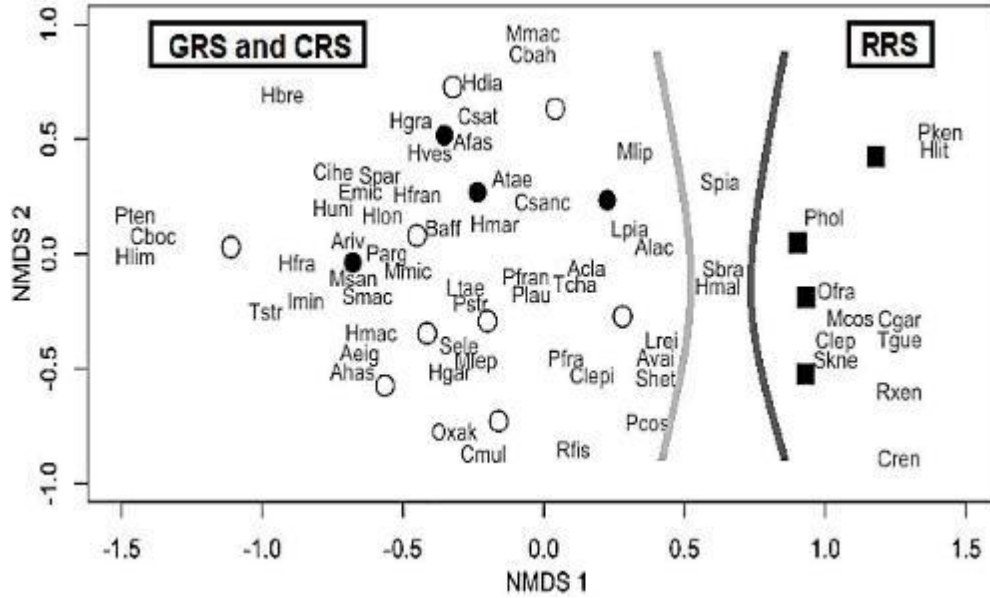


Figure 2. NMDS analysis for species sampled in Grande (GRS - ○), Corrente (CRS - ●) and Rãs (RRS - ■) river sub-basins at Middle São Francisco. Stress = 0.13.

Table 3. PERMANOVA of fish assemblages among the Grande (GRS), Corrente (CRS) and Rãs (RRS) rivers sub-basins at Middle São Francisco River. Significant differences are in bold.

Permutations = 9999 Pseudo-F = 2.82 P = 0.0001*		
Sub-basins	Pseudo-F	P-value
GRS:CRS	1.459	0.731
GRS:RRS	3.392	0.029
CRS:RRS	3.946	0.001

The Grande and Corrente rivers sub-basins are discrete geographic units, with a distance of 250 km between their confluences with the main channel of São Francisco River. For aquatic organisms which have their dispersion limited by hydrography, such as fish, it is expected that major spatial differentiation occurs (Beisner *et al.*, 2006). However, the fish species assemblages of these sub-basins showed high similarity. This result can be explained by the physiographic similarity characteristics of habitats in these sub-basins, which probably were determinant factors for colonization and persistence of species (Martin-Smith, 1998; Suárez *et al.*, 2007; Valério *et al.*, 2007).

Fish species composition is influenced by an interaction of the regional variable altitude with local variables such as width, substrate and water velocity. *H. diastatos*, *H. vespuccii*, and *H. gracilis* have preferences for environments located in high altitude, faster waters, and substrates of larger size, typical conditions found in Cerrado River. Larger substrates promote high

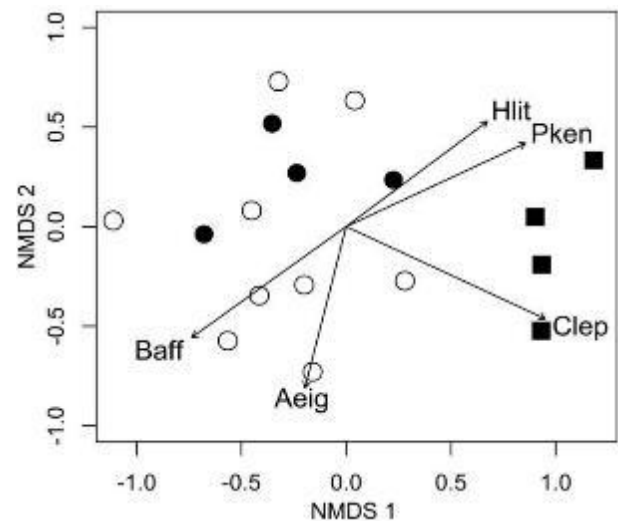


Figure 3. Results of nMDS from species occurrence with an overlap of IP index matrix of species using the function *Envfit* of *Vegan* package. Only significant species to ordination were plotted. Stress = 0.13. Hlit: *Hoplosternum littorale*, Pken: *Psellogrammus kennedyi*, Baff: *Bryconops aff. Affinis*, Aeig: *Astyanax aff. Eigenmanniorum*, Clep: *Crenicichla lepidota*. Grande (○), Corrente (●) and Rãs (■) rivers sub-basins at Middle São Francisco.

environmental heterogeneity because they provide proportionate cover, food and places for spawning (Casatti *et al.*, 2006). Thus the high water velocity allows major habitat diversity (Barbour *et al.*, 1999). However, these geomorphologic and hydrologic characteristics can be adverse for the permanence of other

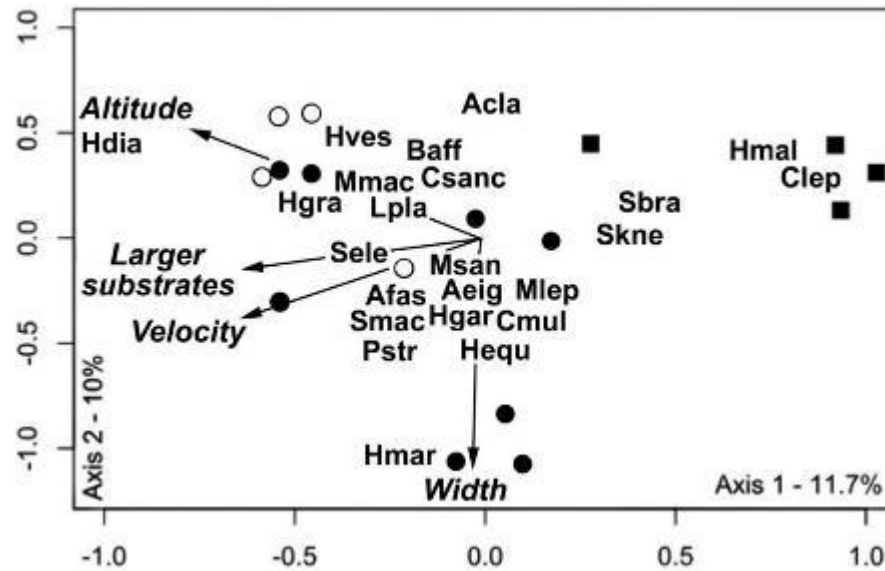


Figure 4. RDA analysis using data of species importance (*IP*) and environmental variables sampled in Grande (○), Corrente (●) and Räs (■) rivers sub-basins at Middle São Francisco. Species with low importance were not present in this biplot.

Table 4. Results of RDA with variance partition performed to quantify the contribution of factors. a) Environmental pure, b) environmental and geographic combined, c) geographic pure, and d) residual for distribution of fish assemblages in Grande, Corrente and Räs rivers sub-basins in the Middle São Francisco. Permutation = 9999; Pseudo-*F* = 1.5; *P* = 0.04.

Partition	R ²	R ² adj	% Explained variation
Environmental (a+b)	0.32	0.09	9
Geographic (b+c)	0.21	0.10	10
Environmental and geographic (a+b+c)	0.47	0.16	16
Individual factor			
Environmental pure		0.06	6
Combined		0.03	3
Geographic pure		0.07	7
<u>Residual</u>		<u>0.84</u>	<u>84</u>

species (Vieira & Shibatta, 2007), as for *Crenicichla* aff. *lepidota* and *Hoplias* gr. *malabaricus*, which find more favorable conditions in Caatinga river. The relevance of altitude in the pattern of species distribution was observed by Suárez & Lima-Junior (2009), in which even with low altimetry variation, altitude in association with other variables was important to the definition of richness and local composition of species.

Bryconops aff. *affinis* and *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* were the most important species for the Corrente River sub-basin, besides showed a significant association with the area comprised by the Cerrado biome. *Bryconops* aff. *affinis* has a preference for lotic systems with clear waters (Chernoff & Machado-Allison, 2005; Santos *et al.*, 2015), which explain its limitation to the Grande and Corrente rivers sub-basins. The high importance of *B. affinis* to the

Corrente sub-basin can also be explained by the preference of its juveniles to predate on *Piabina argentea* (Santos *et al.*, 2015), which is restricted to this sub-basin.

The species *H. diastatos* was recently described (Dagosta *et al.*, 2014), with its occurrence for the São Francisco River basin recorded only in the Grande River sub-basin, but this species also occurs in the middle and high Tocantins River basin. The distribution of this species must be associated with places at high altitudes, clear waters and fast velocity (Dagosta *et al.*, 2014). *H. vespuccii* belong to the family Loricariidae. This family has as characteristic the dorso-ventrally compressed body and nektobenthic or benthic habits (Langeani *et al.*, 2005). These characteristics favor the presence of this species in fast water velocity environments, as found in the sampled area comprised by the Cerrado.

Crenicichla aff. *lepidota* was the most important species for the Rãs River sub-basin, probably because they had suitable conditions for development. The typical representatives of its family, Cichlidae, have the habit of foraging on sandy bottoms (Uieda, 1984; Bührnheim, 2002; Casatti, 2004), and a preference for habitat with lentic waters (Uieda, 1984). Another species associated with this sub-basin was the piscivorous *Hoplias* gr. *malabaricus*, which is a well-adapted species for lentic environments (Barbieri, 1989), and is also commonly found in small, medium and large size rivers (Bialetzki *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2015). Studies showed a high abundance of this fish during dry periods, when the water volume is small (Resende *et al.*, 1996; Resende, 2000; Carvalho *et al.*, 2002). Thus, the characteristic of retraction of Caatinga River must not be an unfavorable condition for this species.

The analysis of the spatial factor influence on the distribution of fish species is relevant in studies of the Brazilian ichthyofauna since geographic factors contributed to the formation of several endemism points distributed in an aggregated pattern (Hubert *et al.*, 2007). The “diagonal dry” corresponds to a wide area located in South America, between the northeast of Brazil and northwest of Argentina, which includes the biogeographic provinces of Chaco, Cerrado, and Caatinga (Ab’Saber, 1977). The synthesis by Zanella (2011) on the biota evolution highlighted the dissimilarity of fauna between Cerrado and Caatinga, although was based in adjacent areas.

Silva (1995) also points out that the relationship between the endemic fauna of the Caatinga and the Cerrado is weak. The results of the present study corroborated with these studies, since the composition of the fish fauna showed a significant difference between the areas comprised by the Cerrado and Caatinga biomes.

The uplift of the Brazilian Central Plateau at the end of the Tertiary period elevated this region to the current levels of altitude (Silva, 1995), and seems to be relevant to the differentiation of Cerrado biota, as also as for the region occupied by Caatinga, because it determines a great denudation of Brazilian Northeast in the driest conditions. Also, alterations in the pluviometric regime and increase of aridity in glacial periods of the Pleistocene resulted in modifications of the distribution of biota (Zanella, 2011).

Fish species from Caatinga are adapted for the climate conditions and hydrological regime of this region because many tributaries are intermittent and associated with high hydric evaporation (Stanley *et al.*, 1997; Rosa *et al.*, 2003). These characteristics made the associated systems function as a mosaic of dry and

water stains (Stanley *et al.*, 1997; Barbosa *et al.*, 2012), and acts as drivers of important processes in the maintenance of diversity (Maltchick & Florín, 2002). The hydric dynamics of this biome can lead to extreme situations for many fish species (Medeiros & Maltchik, 2001), which can explain the low richness of species found in Caatinga in relation to Cerrado.

The fish species distribution was limited by factors acting at different scales (Poff & Allan, 1995). The differences in the environment characteristics among drainages of different biomes limited the dispersion of fish species adapted for a specific conjunct of environmental variables (Matthews, 1987). As in the sub-basin scale, the geographical factors were determinant in the structure of species assemblages (Lewis *et al.*, 1996).

The difference in the fish species assemblages sampled in different biomes reveals important implications for conservation strategies, management or biodiversity evaluation, once it is essential to consider the spatial distribution of species and its limiting factors. The differences found in our study point to a distribution determined by an interaction of the regional variable altitude (geographic factor) with local environmental variables: width, substrate and superficial velocity of the water).

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for master degree scholarship of first author (CAPES 2014/1422208), and research grant by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq PCI-DC 300761/2017-1), just as it a grant by CNPq to Luisa Maria Sarmento-Soares (PCI- DA 302248/2016-1). We are also grateful to INMA by the structural support for screening the material, for Lorena Tonini and Renan Betzel for help in screening the material biotic and Alexandre Peressin, Mauricio Cetra and Fabio Cop for help in data analysis.

REFERENCES

- Ab’Saber, A.N. 1977. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. *Inst. Geogr. Univ. São Paulo*, 52: 1-21.
- Albert, J.S. & R.E. Reis. 2011. *Historical biogeography of neotropical freshwater fishes*. University of California Press, Berkeley & Los Angeles, 406 pp.
- Allan, J.D. & A.S. Flecker. 1995. *Stream ecology: structure and function of running water*. Chapman & Hall, New York, 388 pp.

- Alvares, C.A., J.L. Stape, P.C. Sentelhas, J.L.D.M. Gonçalves & G. Sparovek. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift*, 22: 711-728.
- Barbieri, G. 1989. Dinâmica da reprodução e crescimento de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) da represa do Monjolinho, São Carlos/SP. *Rev. Bras. Zool.*, 6: 225-233.
- Barbosa, J.E.D.L., E.S.F. Medeiros, J. Brasil, R.D.S. Cordeiro, M.C.B. Crispim & G.H.G. da Silva. 2012. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnol. Bras.*, 24: 103-118.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish. US Environmental Protection Agency Office of Water, Washington, 96 pp.
- Beumord, A.C. & M.P. Junior. 1994. Fish communities of Manso River, Chapada dos Guimarães, MT, Brazil. *Acta Biol. Venez.*, 15: 21-35.
- Begon, M., C.R. Townsend & J.L. Harper. 2009. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Artmed Editora, Porto Alegre, 757 pp.
- Beisner, B.E., P.R. Peres-Neto, E.S. Lindström, A. Barnett & M.L. Longhi. 2006. The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. *Ecol. Soc. Am.*, 87: 2985-2991.
- Bialezki, A., K. Nakatani, P.V. Sanches, G. Baumgartner, M.C. Makrakis & T.L. Taguti. 2008. Desenvolvimento inicial de *Hoplias* aff. *malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) da planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 30: 141-149.
- Borcard, D., P. Legendre & P. Drapeau. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecol. Soc. Am.*, 73(3): 1045-1055.
- Brito, M.F.G. & A.L.B. Magalhães. 2017. Brazil's development turns the river into the sea. *Science*, 358(6360): pp. 179.
- Bührnheim, C.M. 2002. Heterogeneidade de habitats: rasos x fundos em assembléias de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 19: 889-905.
- Carvalho, L.N., C.H.V. Fernandes & V.S.S. Moreira. 2002. Alimentação de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) no rio Vermelho, Pantanal Sul Mato-Grossense. *Rev. Bras. Zool.*, 4: 227-236.
- Casatti, L. 2004. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the Upper Paraná River Basin, southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 64: 757-765.
- Casatti, L., F. Langeani, A.M. Silva & R.M.C. Castro. 2006. Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 66: 681-696.
- Chernoff, B. & A. Machado-Allison. 2005. *Bryconops magoi* and *Bryconops collettei* (Characiformes: Characidae), two new freshwater fish species from Venezuela, with comments on *B. caudomaculatus* (Günther). *Zootaxa*, 23: 1-23.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF). 2014. A Bacia. Disponível Comitê da bacia hidrográfica do rio São Francisco em: [<http://cbhsao francisco.org.br/a-bacia/>]. Reviewed: 25 March 2017.
- Dagosta, F.C.P., M.M.F. Marinho & P. Camelier. 2014. A new species of *Hyphessobrycon durbini* (Characiformes: Characidae) from the middle Rio São Francisco and upper and middle Rio Tocantins basins, Brazil, with comments on its biogeographic history. *Neotrop. Ichthyol.*, 12: 365-375.
- Eschmeyer, W.N., R. Fricke & R. van der Laan. 2017. Catalog of fishes: Genera, Species, References. [<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>]. Reviewed: 10 January 2017.
- Ferreira, F.C. & M. Petrere. 2009. The fish zonation of the itanhaém river basin in the Atlantic forest of southeast Brazil. *Hydrobiologia*, 636: 11-34.
- Gerhard, P., R. Moraes & S. Molander. 2004. Stream fish communities and their associations to habitat variables in a rainforest reserve in southeastern Brazil. *Environ. Biol. Fish.*, 71: 321-340.
- Gorman, O.T. 1986. Assemblage organization of stream fishes: the effect of rivers on adventitious streams. *Am. Nat.*, 128: 611-616.
- Grossman, G.D., P.B. Moyle & J.O. Whitaker Jr. 1982. Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory. *Am. Nat.*, 4: 423-454.
- Grossman, G.D., M.C. Freeman, P.B. Moyle & J.O. Whitaker. 1985. Stochasticity and assemblage organization in an Indiana stream fish assemblage. *Am. Nat.*, 126: 275-285.
- Hammer, Ø., D.A.T.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.*, 4(1): 1-9.
- Hubert, N., F. Duponchelle, J. Nunez, C. Garcia-Davila, D. Paugy & J. Renno. 2007. Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implications for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Mol. Ecol.*, 16: 2115-2136.
- Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA). 2017. Comitês. [<http://www.inema.ba.gov>].

- br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/]. Reviewed: 13 January 2017.
- Jackson, D.A., P.R. Peres-Neto & J.D. Olden. 2001. What controls who is where in freshwater fish communities the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58: 157-170.
- Langeani, F., L. Casatti, H.S. Gameiro, A.B. do Carmo & D.D.C. Rossa-Feres. 2005. Riffle and pool fish communities in a large stream of southeastern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 3: 305-311.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical ecology. Elsevier Science, Amsterdam, 852 pp.
- Lewis, C.A, N.P. Lester, A.D. Bradshaw, J.E. Fitzgibbon, K. Fuller, L. Hakanson & C. Richards. 1996. Considerations of scale in habitat conservation and restoration. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53: 440-445.
- Maltchick, L. & M. Florín. 2002. Perspectives of hydrological disturbance as the driving force of the Brazilian semiarid ecosystem. *Acta Limnol. Bras.*, 14: 35-41.
- Martin-Smith, K.K. 1998. Relationships between fishes and habitat in rainforest streams in Sabah, Malaysia. *J. Fish Biol.*, 52: 458-482.
- Matthews, W.J. 1987. Physicochemical tolerance and selectivity of stream fishes as related to their geographic ranges and local distributions. In: W.J. Matthews & D.C. Heins (eds.). *Community and evolutionary ecology of North American stream fishes*. University of Oklahoma Press, Norman, pp. 111-120.
- Matthews, W.J. & H.W. Robison. 1998. Influence of drainage connectivity, drainage area and regional species richness on fishes of the interior highlands in Arkansas. *Am. Midl. Nat.*, 139: 1-19.
- May, R.M. 1986. The search for patterns in the balance of nature: advances and retreats. *Ecology*, 67: 1115-1126.
- Medeiros, E.S.F. & L. Maltchik. 2001. Fish assemblage stability in an intermittently flowing stream from the Brazilian semiarid region. *Austral Ecol.*, 26: 156-164.
- Morán-López, R., E. da Silva, J.L. Pérez-Bote & C. Corbacho Amado. 2006. Associations between fish assemblages and environmental factors for Mediterranean-type rivers during summer. *J. Fish Biol.*, 69: 1552-1569.
- Mugodo, J., M. Kennard, P. Liston, S. Nichols, S. Linke, R.H. Norris & M. Lintermans. 2006. Local stream habitat variables predicted from catchment scale characteristics are useful for predicting fish distribution. *Hydrobiologia*, 572: 59-70.
- Oberdorff, T., D. Pont, B. Hugueny & D. Chessel. 2001. A probabilistic model characterizing riverine fish communities of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biol.*, 46: 399-415.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, M. Friendly, K. Roeland, P. Legendre, D. McGlenn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, E. Szoecs & H. Wagner. 2016. Community Ecology Package. Package "vegan" version 2.4-1. [<https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>]. Reviewed: 13 January 2017.
- Oliveira, A.K. de, J.C. Garavello, V.V. Cesario & R.T. Cardoso. 2015. Fish fauna from Sapucaí-Mirim River, a tributary of Grande River, upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. *Biota Neotrop.*, 16: 1-9.
- Peres-Neto, P.R., P. Legendre, S. Dray & D. Borcard. 2006. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, 87: 2614-2625.
- Peressin, A. & M. Cetra. 2014. Responses of the ichthyofauna to urbanization in two urban areas in Southeast Brazil. *Urban Ecosyst.*, 17: 675-690.
- Poff, N.L. 1997. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *J. North Am. Benthol. Soc.*, 16: 391-409.
- Poff, N.L. & J.D. Allan. 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology*, 76: 606-627.
- Portaria MMA N°444. 2014. Listas das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção vigentes. [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA_Nº_444_de_17_de_dezembro_de_2014.pdf]. Reviewed: 8 January 2017.
- R Development Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [<http://www.r-project.org/>]. Reviewed: 10 June 2016.
- Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferraris. 2003. Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre, 944 pp.
- Resende, E.K. de. 2000. Trophic structure of fish assemblages in the lower Miranda River, Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Rev. Bras. Biol.*, 60: 389-403.
- Resende, E.K. de, R.A.C. Pereira, V.L.L. de Almeida & A.G. da Silva. 1996. Alimentação de peixes carnívoros da planície inundável do rio Miranda, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. EMBRAPA-CPAP, Corumbá, 36 pp.
- Rosa, R.S., N.A. Menezes, H.A. Britski, W. Costa & F. Groth. 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: I.R. Leal &

- J.M.C. da Silva (eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Universitária da UFPE, Recife, pp. 135-180.
- Santos, U., P.C. Silva, L.C. Barros & J.A. Dergam. 2015. Fish fauna of the Pandeiros River, a region of environmental protection for fish species in Minas Gerais state, Brazil. *Check List*, 11: 1507.
- Silva, C.B. da & R.T. Clarke. 2004. Análise estatística de chuvas intensas na Bacia do Rio São Francisco. *Rev. Bras. Meteorol.*, 19: 265-272.
- Silva, J.M.C. da. 1995. Biogeographic analysis of the South American Cerrado avifauna. *Steenstrupia*, 21: 49-67.
- Silvano, R.A.M., B.D. do Amaral & O.T. Oyakawa. 2000. Spatial and temporal patterns of diversity and distribution of the upper Juruá river fish community (Brazilian Amazon). *Environ. Biol. Fish.*, 57: 25-35.
- Stanley, E.H., S.G. Fisher & N.B. Grimm. 1997. Ecosystem expansion and in streams contraction desert streams vary in both space and time and fluctuate dramatically in size. *Bioscience*, 47: 427-435.
- Strange, E.M., P.B. Moyle & T.C. Foin. 1992. Interactions between stochastic and deterministic processes in stream fish community assembly. *Environ. Biol. Fish.*, 36: 1-15.
- Súarez, Y.R. & M.P. Junior. 2005. Organização das assembleias de peixes em riachos da bacia do rio Iguatemi, Estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 27: 161-167.
- Súarez, Y.R. & M.P. Junior. 2007. Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 5: 61-68.
- Súarez, Y.R. & M.P. Junior. 2008. Associações de espécies de peixes em ambientes lóticos da bacia do rio Iguatemi, Estado do Mato Grosso do Sul. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 25: 361-367.
- Súarez, Y.R. & S.E. Lima-Junior. 2009. Variação espacial e temporal nas assembleias de peixes de riachos na bacia do rio Guiraí, Alto Rio Paraná. *Biota Neotrop.*, 9: 101-111.
- Súarez, Y.R., S.B. Valério, K.K. Tondato, L. Queli, L. Ximenes & R. Alves. 2007. Determinantes ambientais da ocorrência de espécies de peixes em riachos de cabeceira da bacia do rio Ivinhema, alto rio Paraná. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 29: 145-150.
- Uieda, V.S. 1984. Ocorrência e distribuição dos peixes em um riacho de água doce. *Rev. Bras. Biol.*, 44: 203-213.
- Valério, S.B., Y.R. Suárez, T.R.A. Felipe, K.K. Tondato & L.Q.L. Ximenes. 2007. Organization patterns of headwater-stream fish communities in the Upper Paraguay-Paraná basins. *Hydrobiologia*, 583: 241-250.
- Vieira, D.B. & O.A. Shibatta. 2007. Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.*, 7: 57-65.
- Wiens, J.J. & M.J. Donoghue. 2004. Historical biogeography, ecology, and species richness. *Trends Ecol. Evol.*, 19: 639-644.
- Yant, P.R., J.R. Karr & P.L. Angermeier. 1984. Stochasticity in stream fish communities: an alternative interpretation. *Am. Nat.*, 124: 573-582.
- Zanella, F.C.V. 2011. Evolução da biota da diagonal de formações abertas secas da América do Sul. In: M.D. da Silva & R.P. da Rocha (eds.). *Biogeografia da América do Sul: padrões e processos*. Roca, São Paulo, 198-220.

Received: 2 June 2017; Accepted: 25 October 2017

APÊNDICES

APÊNDICE A - Número de tomo das espécies de peixes capturadas na calha principal do rio São Francisco e nas sub-bacias dos rios Grande, Corrente e das Rãs no Médio São Francisco, depositadas no Instituto Nacional da Mata Atlântica. Código da instituição: MBML; código da coleção: MBML - Peixes.

Acestrorhynchus britskii (10052;10796); *Acestrorhynchus lacustris* 10022; 10034; 10077; 10088; 10092; 10094; 10097; 10101; 10124; 10152; 10159; 10192; 10218; 10231; 10234; 10237; 10247; 10266; 10268; 10272; 10757; 10766; 10776; 10794; 10802; 10810; 10827; 10832; 10838; 10846; 10861; 10867; 10874; 10891; 10896; 10928; 10945; 10952; 10962) *Anchoviella vaillanti* (10167); *Apareiodon hasemani* (10183; 10275; 10748; 10815; 10831; 10836; 10853; 10856; 10877); *Astyanax lacustris* (10021; 10041; 10063; 10099; 10120; 10141; 10230; 10238; 10252; 10746; 10771; 10780; 10783; 10795); *Astyanax* aff. *eigenmanniorum* (10147; 10235; 10277; 10834; 10854; 10864; 10875; 10879; 10929; 10955) *Astyanax* aff. *fasciatus* (10045; 10074; 10114; 10172; 10208; 10225; 10744; 10759; 10804; 10808; 10859; 11024); *Astyanax* aff. *taeniatus* (10175; 10936; 10950); *Astyanax rivularis* (10140; 10151; 10184; 10242; 10254; 10256; 10271); *Bergiaria westermanni* (10763); *Bryconops* aff. *affinis* (10149; 10153; 10166; 10182; 10194; 10197; 10217; 10232; 10236; 10243; 10253; 10255; 10849; 10852; 10863; 10865; 10888; 10890; 10908; 10910; 10944; 10954; 10956); *Centromochlus bockmanni* (10883); *Cetopsorhamdia iheringi* (10157; 10233; 10841; 10889; 10904; 10932; 10942); *Characidium bahiense* (10206; 10899; 10927); *Characidium* sp.n. (10204; 10211; 10219; 10848; 10948); *Cichlasoma sanctifranciscense* (10027; 10031; 10098; 10103; 10209; 10216; 10248; 10258; 10267; 10742; 10782; 10806; 10823; 10855; 10860; 10868; 10869; 10894; 10911; 10918; 10920; 10931; 10947); *Coptodon rendalli* (10767); *Corydoras garbei* (10106); *Corydoras multimaculatus* (10130; 10790; 10829); *Crenicichla* aff. *lepidota* (10133; 10161; 10202; 10251; 10260; 10263; 10743; 10758; 10809; 10816; 10826; 10857; 10893); *Curimatella lepidura* (10024; 10029; 10032; 10043; 10050; 10051; 10060; 10072; 10081; 10082; 10084; 10100; 10109; 10121; 10177; 10750; 10755; 10760; 10768; 10774; 10787); *Eigenmannia microstoma* (10065; 10129; 10155; 10223; 10799; 10824; 10881; 10923; 10940); *Harttia garavelloi* (10145; 10814; 10844; *Harttia longipinna* (10240; 10878); *Hemigrammus brevis* (10186; 10916; 10925); *Hemigrammus gracilis* (10205; 10214; 10226; 10270; 10845; 10886; 10902; 10903; 10907; 11007; 11031); *Hemigrammus marginatus* (1911; 10139; 10171; 10791; 10845; 10913; 10926; 10938); *Hisonotus vespucii* (10188; 10195; 10203; 10843; 10887; 10912); *Hoplerythrinus unitaeniatus* (10158; 10934); *Hoplias gr. malabaricus* (10033; 10068; 10089; 10102; 10752; 10788; 10820; 10892; 10935); *Hoplosternum littorale* (10023; 10095); *Hyphessobrycon diastatos* (10227; 10229; 10847; 10901; 10906; 10914; 10937; 10951); *Hyphessobrycon eques* (10793); *Hypostomus francisci* (10038; 10123; 10187; 10885; 10964); *Hypostomus* aff. *alatus* (10061); *Hypostomus* aff. *Francisci* (10959); *Hypostomus lima* (10884); *Hypostomus macrops* (10125; 10181; 10812; 10813; 10818; 10839; 10842; 10876); *Imparfinis minutus* (10135; 10190); *Leporellus vittatus* (10138; 10830); *Leporinus piau* (10020; 10078; 10127; 10221; 10249; 10273; 10953; 10961; 10965); *Leporinus reinhardti* (10054; 10055; 10073; 10115; 10116; 10122; 10741; 10761; 10773; 10784; 10798; 10805); *Leporinus taeniatus* (10180; 10199; 10274; 10764; 10835; 10915); *Lophiosilurus alexandri* (10071); *Metynnis lippincottianus* (10201; 10895); *Metynnis maculatus* (10245; 10919; 10966); *Microglanis leptostriatus* (10134; 10828); *Moenkhausia costae* (10026; 10035; 10085; 10107; 10113; 10164; 10745; 10765; 10772; 10775; 10786; 10800); *Moenkhausia sanctaefilomenae* (10137; 10185; 10224; 10871; 10949; 10958); *Myleus altipinnis* (10044); *Myleus micans* (10132; 10150; 10156; 10163; 10165; 10189; 10196; 10213; 10222; 10239; 10261; 10269; 10819; 10840; 10905; 10917; 10921; 10930; 10943); *Orthospinus franciscensis* (10030; 10039; 10056; 10087; 10096; 10111; 10200; 10246; 10769; 10779; 10785; 10898); *Otocinclus xakriaba* (10126; 10160; 10262; 10822); *Pachyurus francisci* (10042; 10064; 10119; 10146; 10178; 10762); *Pamphorichthys hollandi* (10090; 10169; 10807); *Phenacogaster franciscoensis* (10131; 10162; 10168; 10193; 10220; 10259; 10792; 10873; 10897; 10946); *Imparfinis borodini* (10191); *Piabarchus stramineus* (10154; 10174; 10957; 11023); *Piabina argentea* (10198; 10264; 10862; 10922); *Pimelodella laurenti* (10136; 10173; 10821; 10941; *Pimelodus pohli* (10046; 10067; 10110); *Prochilodus argenteus* (10117); *Prochilodus costatus* (10265; 10753); *Psellogrammus kennedyi* (10037; 10093; 11034); *Pygocentrus piraya* (10070); *Rhamdia* aff. *quelen* (10076); *Rineloricaria* sensu fischberg (10276; 10789; 10801); *Roeboides xenodon* (10756; 10778); *Salminus franciscanus* (10053; 10062); *Schizodon knerii* (10025; 10028; 10080; 10104; 10179; 10797); *Serrapinnus heterodon* (10170); *Serrapinnus piaba* (10036; 10091; 10108; 10128; 10207; 10900; 10924); *Serrasalmus brandtii* (10047; 10057; 10069; 10079; 10083; 10176; 10210; 10749; 10754; 10777); *Steindachnerina elegans* (10148; 10241; 10244; 10250; 10803; 10811; 10817; 10833; 10837; 10850; 10858; 10866; 10870; 10909; 10960; 10963); *Sternopygus macrurus* (10228; 10825; 10851; 10880); *Synbranchus* cf. *pardalis* (10933; 10939); *Tetragonopterus chalceus* (10049; 10058; 10075; 10086; 10212; 10747; 10872); *Trachelyopterus striatulus* (10118; 10257; 10882); *Triportheus guentheri* (10040; 10048; 10059; 10066; 10105; 10112; 10751; 10770; 10781).

APÊNDICE B - Registro fotográfico das espécies de peixes capturadas na calha principal do rio São Francisco e sub-bacias dos rios Grande, Corrente e das Rãs no Médio São Francisco.



Anchoviella vaillanti



Apareiodon hasemani



Parodon hilarii



Curimatella lepidura



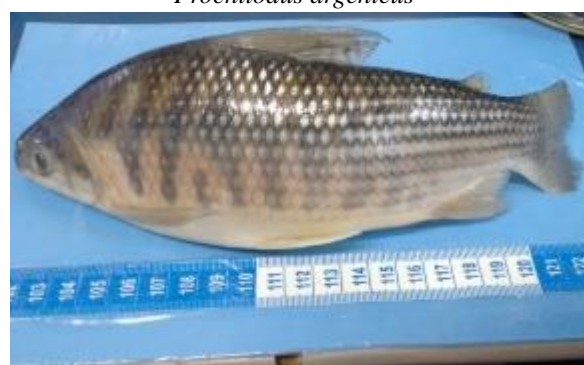
Steindachnerina elegans



Prochilodus argenteus



Prochilodus costatus



Prochilodus lineatus



Leporellus vittatus



Leporinus piau



Leporinus reinhardti



Leporinus taeniatus



Schizodon knerii



Hoplerythrinus unitaeniatus



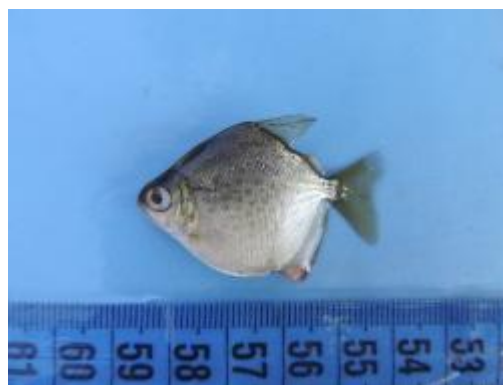
Hoplias gr. malabaricus



Acestrorhynchus britskii



Acestrorhynchus lacustris



Metynnis lippincottianus



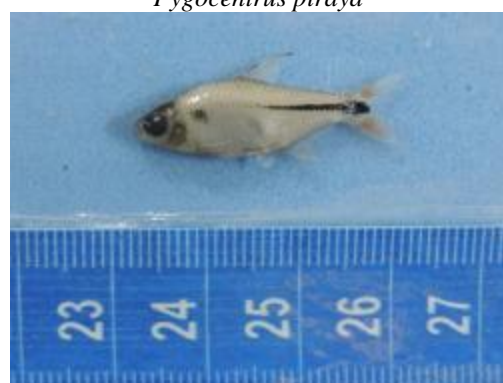
Myleus micans



Pygocentrus piraya



Serrasalmus brandtii



Psellogrammus kennedyi



Astyanax aff. fasciatus



Astyanax lacustris



Astyanax rivularis



Orthospinus franciscensis



Phenacogaster franciscoensis



Roeboides xenodon



Tetragopterus chalceus



Serrapinnus heterodon



Serrapinnus piaba



Hemigrammus brevis



Hemigrammus gracilis



Hemigrammus marginatus



Hyphessobrycon diastatos



Hyphessobrycon eques



Moenkhausia costae



Moenkhausia sanctaefilomenae



Piabina argentea



Brycon orthotaenia



Salminus franciscanus



Triportheus guentheri



Bryconops aff. affinis



Characidium bahiense



Characidium sp.n.



Centromochlus bockmanni



Trachelyopterus striatulus



Bergiaria westermanni



Pimelodus pohli



Pseudoplatystoma corruscans



Lophiosilurus alexandri

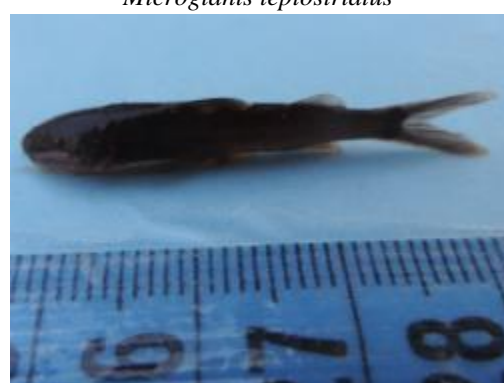


Microglanis leptostriatus



1

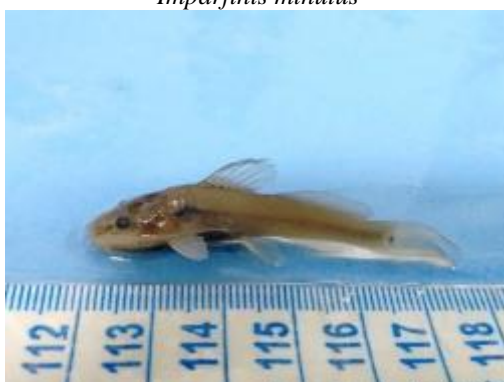
Cetopsorhamdia iheringi



Imparfinis minutus



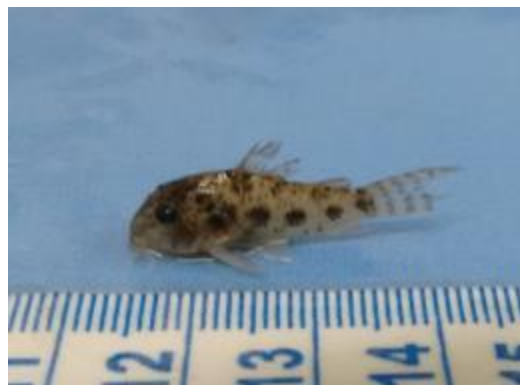
Pimelodella aff. vittata



Rhamdia aff. quelen



Hoplosternum littorale



Corydoras garbei



Corydoras multimaculatus



Hisonotus vespuccii



Otocinclus xakriaba



Harttia cf. garavelloii



Harttia longipinna



Rineloricaria sensu Fischberg



Hypostomus aff. francisci



Hypostomus francisci



Hypostomus lima



Hypostomus macrops



Pterygoplichthys etentaculatus



Eigenmannia microstoma



Sternopygus macrurus



Gymnotus carapo



Cynolebias attenuatus



Cynolebias cf. gibbus



Cynolebias gilbertoi



Hypsolebias fulminantis



Hypsolebias ghisolfii



Hypsolebias guanambi



Hypsolebias magnificus



Pamphorichthys hollandi



Synbranchus cf. pardalis



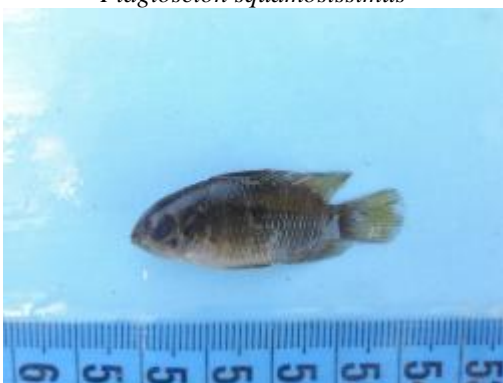
Pachyurus francisci



Plagioscion squamosissimus



Coptodon rendalli



Cichlasoma sanctifranciscense



Crenicichla aff. lepidota