

# Relatório da III Expedição do baixo São Francisco





# RELATÓRIO DA III EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO

## ORGANIZAÇÃO:

Prof. Dr. Emerson Soares - UFAL

Prof. Dr. José Vieira Silva – UFAL

## Financiadores e patrocinadores:



Maceió - AL

Julho de 2021

## **O PROGRAMA DAS EXPEDIÇÕES CIENTÍFICAS DO SÃO FRANCISCO**

O programa surgiu com o pretexto de bioprospectar, conhecer e divulgar a situação do Baixo Rio São Francisco, quanto aos aspectos sociais das comunidades ribeirinhas, comunidade de pescadores, situação da pesca, identificar os impactos e a qualidade da água do rio, a ictiofauna, problemas ocasionados pelo represamento, assoreamento, desmatamento, avaliar os poluentes presentes no ambiente aquático e uso de agrotóxicos, e os efeitos da cunha salina sobre as comunidades ribeirinhas e o ambiente e propor ações mitigadoras através de programas de educação ambiental.

O intuito do projeto é alavancar na região, uma nova atividade participativa por intermédio do conhecimento através do monitoramento dos principais indicadores sociais, econômicos e dos impactos ambientais, assegurando a qualidade e segurança alimentar. Tem o enfoque de chamar a atenção para a situação do rio, seus problemas e divulgar para os principais órgãos de fomento e governantes, propondo ações para mitigar os impactos e degradação da qualidade ambiental.

Avaliando a necessidade de gerar políticas públicas embasadas em dados científicos, as expedições científicas propõem a elaboração de grande diagnóstico participativo e multidisciplinar sobre a situação econômica, social e ambiental da região do Baixo São Francisco, avaliando os impactos da pesca, poluição aquática, desmatamento e assoreamento, patologias e parasitologia de peixes e crustáceos e índices de metais pesados e pesticidas e sua influência na qualidade do pescado, determinando o perfil socioeconômico e a situação da saúde das populações ribeirinhas, adotando medidas de educação ambiental efetivas, e qualificando o efeito das diversas culturas intensivas sobre a qualidade de água, para com isso efetivar um programa de biomonitoramento ambiental da calha principal do rio São Francisco, utilizando de tecnologias de ponta para determinação de um padrão ambiental com intuito de propor ações mitigadores para os ecossistemas existentes na região de estudo.

As Expedições Científicas no Baixo São Francisco iniciaram em 2018, onde durante 5 dias, cerca de 40 pesquisadores trabalharam em várias temáticas, como: educação ambiental, pesca, socioeconomia, ictiofauna, análise de água e de metais pesados, assoreamento, entre outras, em 5 municípios do Baixo São Francisco (Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu), culminando na publicação de um diagnóstico referente a 2018, e em junho de 2019 a publicação de um artigo científico sobre os dados desta primeira edição.

Em 2019 foi realizada a II Expedição Científica, com 50 pesquisadores e técnicos de 16 instituições, que durante 10 dias, trabalharam nos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio-Propriá, Igreja Nova, Penedo-Neópolis, Piaçabuçu e foz do São Francisco. Esta expedição teve por objetivo principal, estudar todo o baixo São Francisco, coletando informações e dados, para de posse dos resultados, propor ações para mitigar os problemas no rio.

Em 2020, mesmo diante pandemia, o trabalho foi realizado com 53 pesquisadores em 30 áreas de pesquisa. O projeto e pesquisas desenvolvidas conciliou de vez as expedições e mostrou que é possível fazer ciência sem que nenhum pesquisador ou tripulante adoecesse, tornando-se como consequência, o maior evento prático científico do Brasil neste ano.

São análises *in loco* e laboratoriais, oriundas dos esforços, fomento, apoio e ações de instituições como a Universidade Federal de Alagoas- UFAL, Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco – CBHSF, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas- FAPEAL, EMBRAPA- Tabuleiros Costeiros, CODEVASF- 5SR, Universidade Federal de Sergipe – UFS, EMATER-AL, Universidade Federal da Paraíba- UFPB, Universidade Federal de Rondônia- UNIR, Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas - SEMARH-AL, Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE, Instituto de Pesquisa Renato Archer, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação-MCTI, Marinha do Brasil e Instituto Federal do Ceará – IFCE, Pedreira Triunfo, Agência Peixe Vivo, FUNDEPES.

## **EQUIPE DA 3ª EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO**

### **Alfredo Borie Mojica**

Biólogo Marinho (UNAB, Chile) e Engenheiro de Pesca (UFRPE). Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos (UFAM) e Doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura (UFRPE). Experiência na conservação de tartarugas marinhas e genética de populações e nas áreas de aquicultura e recursos pesqueiros (peixes ornamentais, biologia reprodutiva e cultivo de peixes amazônicos). Trabalhou com monitoramento da atividade pesqueira artesanal e com o impacto das hidroelétricas no rio Madeira. Atualmente trabalha com ecologia acústica aquática, paisagem sonora e bioacústica de peixes marinhos e de água doce, utilizando o método acústico passivo como sistema de monitoramento.

### **Ana Karolina Lopes da Silva**

Graduanda em Ciências Biológicas modalidade Licenciatura. Atualmente é estagiária do Laboratório de Ficologia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Criptógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoplâncton e taxonomia de microalgas.

### **Ana Paula de Almeida Portela da Silva**

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (2004), mestre em Biologia de Fungos (UFPE- 2007) e doutora em Ciências Biológicas (UFPE- 2014). Atualmente, é professora adjunta da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), coordenada o Laboratório de Diversidade Microbiana (LABDIMI), desenvolve atividades na área de Microbiologia aplicada, com ênfase em Micologia. Tem interesse por fungos de importância agrônômica, controle biológico de pragas e Microbiologia ambiental

### **Anderson dos Santos**

Doutorando em Engenharia Agrícola - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com ênfase em Meteorologia e Sensoriamento Remoto. Mestre em Agricultura e Ambiente - Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Bacharel em Agronomia, pela mesma instituição. Tem experiência em agrometeorologia e ecofisiologia, com ênfase em radiação solar e controle de ambientes; mudança do uso do solo e desertificação, geoprocessamento e sensoriamento remoto; e impactos das ações antrópicas no meio ambiente.

### **Antônio Jackson Borges Lima**

Ambientalista. Bancário aposentado do BNB. Palestrante e autor de vários artigos sobre meio ambiente. Foi Secretário de Meio Ambiente de Traipu e Diretor do sindicato dos bancários de Alagoas. É Fundador e Diretor do Museu Ambiental Casa do Velho Chico, em Traipu. Honrarias: Comendador das Águas - Governo de Alagoas; Título de Velho do Rio/AFBNB; Destaque ambiental/IMA; Título de Cidadão dos Municípios de Traipu/AL, Gararu/SE, Pão de Açúcar/AL e Cidadão Sergipano. Membro do CBHSF por três mandatos seguidos.

### **Aristides Pavani Filho**

Graduado (1982) e Mestre (1990) em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas. Ingressou no Centro de Tecnologia da Informação (CTI) Renato Archer, em 1986. Participou do Projeto Fábrica de Máscaras Litográficas. Chefiou a Divisão de Micro Sistemas, Coordenou o CSS, CTI-NE, COARE e o Projeto COGNITUS - Petrobras para o desenvolvimento de Robótica Ambiental, sensores e análise de dados para a Amazônia. Coordenou os Projetos Dragão do Mar e IRACEMA - Barco Autônomo para Monitoramento Ambiental entre outros. Atualmente é Assessor do Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), e Diretor do Departamento de Tecnologias Estratégicas e de Produção (DETEP), da Secretaria de Tecnologias Aplicadas (SETAP) - MCTIC.

### **Carlos Alberto da Silva**

Oceanógrafo, Mestre em Aquicultura, Doutor em Geoquímica Ambiental e pós-doutorado em Gestão/Impacto Ambiental e Piscicultura Marinha. Pesquisador nas áreas de Sistemas de Produção e Boas Práticas de Manejo em Aquicultura, Contaminação Ambiental e Piscicultura marinha. Tem experiência na piscicultura e carcinicultura em sistemas de viveiros e tanques-rede. Atua na Geoquímica com contaminação e biomagnificação de metais pesados na cadeia trófica.

### **Damião Assis**

Assistente de laboratório, com ampla experiência em zoologia, com ênfase em microfauna. Desempenha suas funções no laboratório de Bentos Costeiros, da Universidade Federal de Sergipe, sendo fundamental na manutenção das coleções do Departamento de Biologia da Universidade. Com especial destaque para a participação de projetos como: Caracterização Físico-Química das Águas Marinhas, Geológica, Geoquímica e Biológica dos Sedimentos do Talude de Sergipe e Sul de Alagoas (2013 – 2018), financiados pela Petrobrás.

### **Daniela Ferreira de Oliveira**

Acadêmica do curso de Odontologia pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Pesquisadora do programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC - UFAL) na área de Dentística e Materiais Dentários. Vinculada ao grupo de Pesquisa Biomateriais em Odontologia (UFAL). Bolsista do Programa de Educação pelo Trabalho para a Saúde (PET - Saúde)/ interprofissionalidade (Ministério da Saúde). Monitora da disciplina de Endodontia de Laboratório (FOUFAL) em 2019. Integrante da Liga Acadêmica de Endodontia da FOUFAL.

### **Elica Amara Cecilia Guedes**

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestrado em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e Doutorado em Biotecnologia - RENORBIO, pela Universidade Estadual do Ceará, com área de concentração em Biotecnologia de Recursos Naturais. É professora de nível superior da Universidade Federal de Alagoas ministrando aulas para os cursos de biologia, farmacia, agronomia e zootecnia. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Criptógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoplancton, algas marinhas bentônicas e bioprospecção de extratos de algas.

### **Emerson Carlos Soares**

Engenheiro de Pesca, graduando em Biomedicina, Especialização em Gestão de Recursos Pesqueiros, Mestre em Biologia de Água Doce, Doutor em Biotecnologia com ênfase em Aquicultura, Pós-Doutorado em Ciências Marinhas com ênfase em reprodução de peixes. Finalista do prêmio espírito público na área de meio ambiente, foi Vice-Coordenador do comitê científico de bacias hidrográficas do Nordeste, Coordenador da força tarefa de pesquisas do óleo em Alagoas e Coordenador da expedição do São Francisco. Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas.

### **Emerson Fonseca Oliveira Filho**

Graduando em Agroecologia (bacharelado, UFAL). Produtor audiovisual de documentários. Atualmente está produzindo um documentário sobre a história da Agroecologia no Estado de Alagoas, envolvendo a Universidade Federal de Alagoas, IFAL Maragogi, EMATER, SEAGRI, CPT, MST, Instituto Terra Viva, PRONERA, Coopabacs, AAGRA, Associação Aroeira, Rede Mutum de Agroecologia e agricultores oriundos da agricultura familiar. Sob orientação do Professor Rafael Navas, trabalha com levantamentos de campo, sobre socioeconomia de comunidades e agricultura familiar.

### **Emilly Valentim de Souza**

Graduanda em Zootecnia. Bolsista do programa pró-graduando da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Colaboradora PIBIC no laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA) sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Themis de Jesus da Silva. Tem experiência em microparasitologia da fauna aquática do Brasil e ecotoxicologia, com ênfase nas enzimas antioxidantes Catalase e Superóxido dismutase, peroxidação lipídica (Malondialdeído) e teste de micronúcleo.

### **Ester Milena dos Santos**

Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFS na linha de pesquisa em Planejamento e Gestão Ambiental com ênfase em Recursos Hídricos, apresenta graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UFS. Apresenta alguns estudos e atuações nas seguintes temáticas: resíduos sólidos, licenciamento ambiental, geoprocessamento e modelagem ambiental.

### **José Vieira Silva**

Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Perito Criminal na área ambiental pela ANP/DPF. Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL - Campus Arapiraca), nas áreas de Ecofisiologia Vegetal e Agrometeorologia. Estuda e pesquisa na área de ecofisiologia de plantas cultivadas e nativas sob condições de estresses (hídrico e salino) e atua na recuperação de áreas degradadas e educação ambiental. É Pesquisador e Coordenador do Centro de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD) do Baixo São Francisco – UFAL.

### **Jucilene Cavali**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Zootecnia. Professora Associada da Universidade Federal de Rondônia. Atua como docente nos cursos de Engenharia de Pesca e Zootecnia. Pesquisadora/Orientadora no Programa de Mestrado Acadêmico em Ciências Ambientais da UNIR-EMBRAPA e no Programa de Doutorado em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia Ocidental PPGESPA-UFAC. Desenvolve pesquisas em Mercado de agroindústrias do Pescado (rendimentos de carcaça e qualidade de carnes) e Manejo de Pastagens na Amazônia.

### **Juliett de Fátima Xavier da Silva**

Engenheira de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura - UFRPE. Doutora em Ciências Biológicas - UFPE. Atua na área de tecnologia do pescado, com ênfase em enzimologia aplicada a organismos aquáticos, aproveitamento integral do pescado; e inspeção do pescado. Atualmente é Professora Adjunta do Curso de Engenharia de Pesca da UFAL – Penedo, lecionando as disciplinas de: Tecnologia e Inspeção do Pescado, Beneficiamento e Industrialização do Pescado, Microbiologia Geral e do Pescado, e Instalações Pesqueiras e Engenharia Sanitária.

### **Lívia Maria Alves Lino Acioly de Carvalho**

Engenheira ambiental e sanitarista, atualmente presidente do Comitê de bacia hidrográfica do Rio Piauí e superintendente de meio ambiente do Município de Arapiraca.

### **Lucas Cruz Fonseca**

Química Bacharel pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), Tecnólogo em Gestão Ambiental e Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico pela Universidade Estácio de Sergipe. Experiência em Química Analítica Ambiental, Recursos Hídricos e em Coleta e Preservação de amostra de água e sedimentos. Atualmente trabalhando no monitoramento de qualidade da água dos mananciais superficiais e reservatórios do estado de Sergipe, no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS).

### **Lucas de Oliveira Arruda**

Graduando de Zootecnia. Bolsista do programa pró-graduando da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atualmente faz parte da equipe de estudantes do Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA). Tem experiência em microparasitologia da fauna aquática do Brasil e ecotoxicologia.

### **Manoel Messias da Silva Costa**

Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Alagoas (2003). Mestrado (2008) e Doutorado (2015) em Botânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia, Sistemática e Ecologia de micro e macroalgas. Professor de Nível médio (Estado de Alagoas e Instituto Federal de Alagoas/IFAL) e Superior (Faculdade Regional Brasileira/UNIRB e Instituto Federal de Alagoas/IFAL) e Professor Formador I (Bolsista CAPES) de Ensino a Distância da Universidade Aberta do Brasil (UAB).

### **Marcus Aurélio Soares Cruz**

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Pesquisador em Manejo de Bacias Hidrográficas na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, Sergipe. Tem experiência em Hidrologia, Modelagem hidrológica, Impactos Ambientais e Geotecnologias.

### **Marco Yves A.V. Praxedes**

Graduando em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal de Alagoas, Unidade Penedo. Tem experiência em biologia reprodutiva de peixes, larvicultura e cultivo de

crustáceos decápodos, com ênfase em camarões de água doce, em marinharia, ecologia e diversidade de ecossistemas aquáticos continentais. Atualmente integrante da equipe do Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura - LABCCARCI da Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

### **Milena Dutra da Silva**

Doutora em Geografia, Mestre em Botânica e Licenciada em Ciências Biológicas. É professora adjunta da Universidade Federal da Paraíba, Curso de Ecologia, e se dedica aos estudos integrados do meio ambiente, com especial atenção aos remanescentes florestais, utilizando saberes em Botânica, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Ecologia da Paisagem.

### **Nadjacleia Vilar Almeida**

Doutora em Geografia pela UFF (2012) com área de concentração em Ordenamento Territorial Ambiental, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente (2006) e graduada em Geografia (Bacharelado e Licenciatura), ambos pela UFPB (2002/2003). Atualmente é professora adjunta do curso de Ecologia da Universidade Federal da Paraíba (Campus IV-CCA), coordenadora do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG/CCA/UFPA) e do grupo de pesquisa Estudos Geoambientais. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, atuando principalmente nos seguintes temas: geotecnologias com ênfase no sensoriamento remoto e geoprocessamento, diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas, expansão urbana, ecologia de paisagem e ordenamento e planejamento ambiental.

### **Petrônio Alves Coelho Filho**

Bacharel em Ciências Biológicas (UFRPE), especialista em ecossistemas aquáticos (UFPE), Mestre em oceanografia (UFPE) e Doutor em oceanografia biológica (USP). Possui experiência em estudos da diversidade, conservação e ecologia de ecossistemas aquáticos, com ênfase nos estudos dos crustáceos decápodos. Professor do curso de graduação em Engenharia de Pesca da UFAL e dos Programas de Pós-graduação em Diversidade e Conservação (mestrado) e em Gestão Ambiental (especialização) da UFAL.

### **Priscylla Costa Dantas**

Engenheira Florestal pela Universidade Federal de Sergipe. Mestre e Doutora em Entomologia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras e Especialização em Educação Ambiental (com ênfase em espaços educadores sustentáveis) pela Universidade Federal de Sergipe. Pós-doutorado na modalidade Desenvolvimento Científico Regional (DCR-Fapeal) pela Universidade Federal de Alagoas. Atualmente Professora substituta do Centro de Ciências Agrárias (CECA-UFAL) e atua como pesquisadora no Laboratório de Aquicultura e Análise de água (LAQUA) na área de técnicas histológicas e histoquímicas de peixes.

### **Ricardo Araújo Ferreira Junior**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia (Produção vegetal) e Doutor em Agronomia (Energia na Agricultura). Professor efetivo da UFAL. Ministra as disciplinas relacionadas à Agrometeorologia e Energia de Biomassa. Tem experiência na área de Agrometeorologia atuando principalmente nos seguintes temas: medidas e modelagens agrometeorológicas e radiométricas, Modelagem do Crescimento e Desenvolvimento Vegetal.

### **Rômulo André Santos Silva**

Graduado em Engenharia de Petróleo, onde atuou como bolsista PROBIC/UNIT em projetos com ênfase em recursos hídricos, análise de qualidade, plano de segurança da água e índices de qualidade. Atualmente é mestrando em Engenharia e Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Sergipe - UFS atuando na área de Tecnologia e gestão ambiental dentro da linha de pesquisa de gestão e monitoramento ambiental, com estudo que envolve aplicação da cromatografia por troca iônica e estatística multivariada

### **Silvânio Silvério Lopes da Costa**

Doutor em Química (UFBA), com atuação na área de química analítica e ambiental, especialmente com a avaliação da qualidade de água e sedimentos, em ambientes naturais, e de material particulado atmosférico, em ambientes urbanos. Atualmente é químico e membro permanente do programa de pós-graduação em engenharia e ciências ambientais e do programa de pós-graduação em recursos hídricos, da Universidade Federal de Sergipe.

### **Tarita Schnitman**

Bacharelado em Administração. Mestrado na Universidade de Haifa-Israel. Doutorado Sanduíche na University of Melbourne Australia. Doutorado em 2014 USP. Pesquisa turismo desde 1998. Trabalha com projetos coletivos e governança da água.

### **Tatiane Luciano Balliano**

Graduação em Química, mestrado em físico-química e doutorado em física aplicada. Desenvolve projetos na área de desenvolvimento tecnológico a partir de produtos naturais, na área de inovação e transferência de tecnologia e empreendedorismo inovador. Na expedição meu projeto esta voltado para obtenção de extratos de plantas das matas ciliares do Rio São Francisco

### **Themis de Jesus da Silva**

Licenciada em Ciências Biológicas (UFAM), Mestre em Genética e Evolução (UFSCar) e Doutora em Biotecnologia (UFAM). Atualmente Professora da UFAL, com experiência na área de genética (genética molecular e genotoxicidade) e microparasitologia da fauna aquática do Brasil.

### **Ubiratan Piovezan**

Zootecnista pela UNESP de Jaboticabal em 1995. Participou do Programa PET/CAPEs. Mestre em Zootecnia pelo programa de Pós graduação em Genética e Melhoramento Animal da UNESP, em 1998. Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília - UnB, em 2004. Pesquisador da Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária desde 2002, possui experiência nas áreas de conservação e uso de animais; ecologia aplicada; manejo, comportamento e bem estar animal; além de possuir experiência no campo das relações internacionais, sobre o tema Agricultura. Atual supervisor do Núcleo de Apoio à Programação da área de PD&I - NAP, também atua como secretário executivo do Comitê Local de Publicações - CLP e como vice-coordenador da CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Membro de grupo de especialistas da IUCN desde 2009 - DSG/SSC/IUCN.

### **Vanildo Souza de Oliveira**

Engenheiro de Pesca pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE, 1985), Mestre e Doutor em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal de Pernambuco. Especialização em Ciências Pesqueiras no Japão e Pesca de Profundidade na Coreia do Sul. Atualmente é Professor Associado da UFRPE. Foi consultor da FAO na África e assessor técnico do CONAMA. Trabalhos realizados com recursos e produção pesqueira, pesca artesanal e industrial, métodos sustentáveis de pesca.

**Vivian Costa Vasconcelos**

Engenheira de Pesca com Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas (2016/ PPGZ- 2019). Atualmente é colaborador/ pesquisador do Laboratório de Aquicultura e Análises de Água (LAQUA/CECA/UFAL), realizando estudos de biomonitoramento nos rios do litoral norte de Alagoas, investigando a qualidade de água e seus efeitos contaminantes na saúde de peixes, principalmente na Apa Costa dos Corais de Alagoas e na região do Baixo São Francisco, com ênfase em estresse oxidativo, genotoxicidade, histologia, microparasitologia e análises físico/química e microbiológica de água.

## SUMÁRIO

	Página
1 - Diagnóstico Ambiental da Mata Ciliar do Baixo São Francisco .....	14
2 - Variáveis meteorológicas e temperatura da água do rio na 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco .....	53
3 - Identificação de possíveis pontos de lançamento de esgoto sanitário ao longo do Baixo São Francisco .....	63
4 - Mapeamento do turismo coletivo no Baixo São Francisco .....	72
5 - Arqueologia de ambientes aquáticos: contribuições para a construção de uma carta arqueológica subaquática do Baixo Rio São Francisco.....	84
6 - Diagnóstico microbiológico e da qualidade de água nas margens dos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco.....	120
7 - Avaliação de plantas medicinais, macrófitas aquáticas e empreendedorismo social inovador no Baixo São Francisco.....	137
8 - Construção do mecanismo de controle da qualidade orgânica na associação Aroeira, Piaçabuçu-AL .....	158
9 - Diagnóstico da condição odontológica e desenvolvimento de ações de promoção de saúde bucal nas comunidades ribeirinhas do Baixo São Francisco.	165
10 - Educação ambiental nas escolas ribeirinhas do baixo São Francisco em tempos de COVID .....	174
11 - Salinidade da água no Baixo Rio São Francisco .....	186
12 - Determinação da qualidade da água para fins de irrigação no Baixo São Francisco .....	197
13 - Avaliação do teor de óleos e graxas no Baixo Rio São Francisco .....	205
14 - Robótica e Modelagem Ambiental: estudos da topologia de fundo do Baixo Rio São Francisco.....	215
15 - Sons biológicos subaquáticos do Baixo rio São Francisco: perspectivas para o Monitoramento Acústico Passivo (MAP) da biodiversidade e seus ambientes....	231
16 - Dinâmica fitoplanctônica do Baixo São Francisco .....	243
17 - Atividade pesqueira no Baixo São Francisco .....	275
18 - Ictiofauna do Baixo São Francisco: diversidade, biologia reprodutiva e rendimento por ultrassonografia .....	291

19 - Avaliação microbiológica de <i>Oreochromis niloticus</i> , <i>Xiphopenaeus kroyeri</i> e <i>Macrobrachium</i> sp. comercializados em feiras livres de sete municípios de Alagoas .....	322
20 - Níveis de mercúrio em tecido muscular de peixes do Baixo São Francisco .....	337
21 - Histopatologia do fígado e brânquias de cinco espécies do Baixo São Francisco.....	353
22 - Peixes como bioindicadores para monitoramento ambiental durante a III Expedição do Baixo São Francisco .....	376
23 - Identificação morfológica de parasitas da fauna aquática do Baixo São Francisco.....	404
24 - Diversidade e pesca dos crustáceos decápodos no Baixo São Francisco .....	418

Milena Dutra da Silva<sup>1</sup>, Nadjacleia Vilar Almeida<sup>2</sup>, Anderson dos Santos<sup>3</sup>, Ubiratan Piovezan<sup>4</sup>, João Thiago Farias<sup>5</sup>, Nataniel dos Santos<sup>6</sup> e José Vieira Silva<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Professora, Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG), Campus IV, Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba (UFPB);

<sup>2</sup>Professora, Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG), Campus IV, Centro de Ciências Aplicadas e Educação, Universidade Federal da Paraíba (UFPB);

<sup>3</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola, Campus I, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE);

<sup>4</sup>Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) Tabuleiros Costeiros.

<sup>5</sup>Técnico, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF);

<sup>6</sup>Graduando em Lic. Ciências Biológicas, Campus Arapiraca, UE Penedo, Universidade Federal de Alagoas (UFAL);

<sup>7</sup>Professor, Centro de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

## INTRODUÇÃO

A mata ciliar confere recursos fundamentais à manutenção da biodiversidade, além de ofertar serviços ecossistêmicos que garantem melhores condições ambientais, influenciando no microclima e nas características do solo (estabilidade, umidade, deposição de nutrientes etc.). Contribui, também, para a qualidade da água, uma vez que a vegetação ciliar atua como filtro, evitando a passagem de resíduos tóxicos, decorrentes do uso de agrotóxicos nas atividades econômicas da vizinhança direta às nascentes e/ou corpos hídricos (CASTRO et al., 2012).

A redução e, ou remoção da cobertura vegetal, tem elevados ônus ecológicos e ecossistêmicos. Ao longo dos cursos hídricos do rio São Francisco, a ausência de vegetação tem proporcionado o carreamento do solo desprotegido para dentro das calhas dos afluentes e do rio, produzindo o assoreamento. Em consequência disto, a calha do rio torna-se menos profunda e o espelho d'água mais largo.

A preservação da mata ciliar é urgente, com reverberações econômicas, sociais e ambientais, havendo dispositivos legais para sua proteção. A Lei Federal 12.651/2012 traz medidas de proteção e define o território como Área de Preservação Permanente (APP), que tem como função preservar os recursos hídricos (BRASIL, 2012). No entanto, a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem vivenciado, ao longo do processo histórico-cultural, a remoção da cobertura vegetal nativa da área ciliar em seu curso

principal e afluentes, exibindo áreas fortemente degradadas. Diante disso, programas de média e longa duração têm sido desenvolvidos para o diagnóstico, monitoramento e recuperação de nascentes e cursos hídricos, como os projetos já desenvolvidos pelo Ministério do Meio Ambiente, Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco, CODEVASF, e o CRAD. Ainda assim, tais projetos não têm sido suficientes para sobrepujar as ações de degradação que ali ocorrem.

Na região do Baixo São Francisco (BSF), a degradação ambiental ciliar é preocupante e crescente, com conflitos ambientais dados pela ocupação da faixa de proteção ambiental ciliar por usos agropecuários, entre outros, em escala progressiva. Neste cenário, surge o presente estudo, com a III Expedição Científica do São Francisco, objetivando realizar diagnóstico ambiental da mata ciliar do BSF.

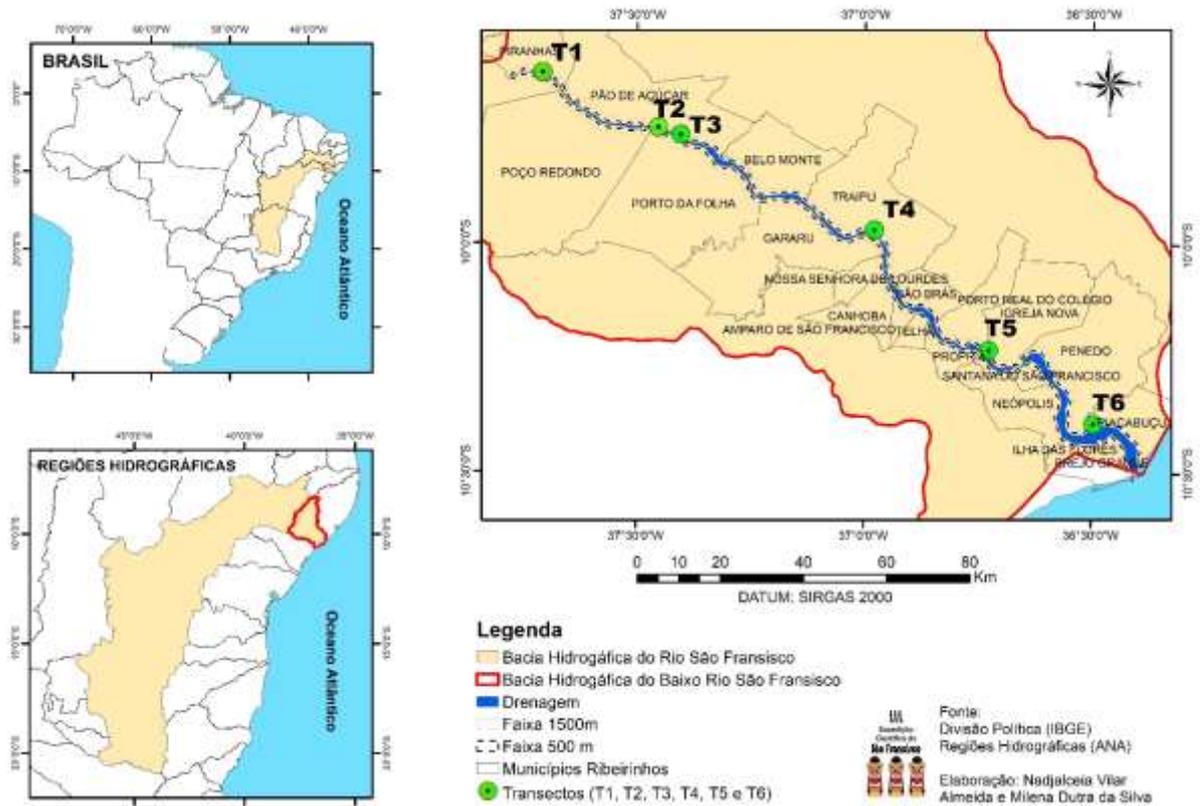
Os resultados aqui apresentados derivam de métodos e técnicas rápidas e não-destrutivas. Foram avaliadas a mata ciliar e as demais classes de uso e ocupação do solo em seu entorno imediato, com fins de determinação da qualidade ambiental da vegetação ciliar e seu nível de fragilidade.

## **METODOLOGIA**

As análises são apresentadas em diferentes escalas espaciais, partindo de uma escala de menor detalhamento (abrangendo municípios ribeirinhos) até uma escala de maior detalhamento (imagens de drone e levantamentos em campo).

Para o diagnóstico ambiental foram selecionados os municípios ribeirinhos do BSF, à jusante da barragem de Xingó (Figura 1). Para diagnóstico da vegetação ciliar foram selecionados fragmentos remanescentes de floresta nativa, em áreas ciliares dos municípios alagoanos da Região do Baixo Rio São Francisco (BSF): Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio e Piaçabuçu (Figura 1). A seleção destes municípios e remanescentes estudados está fundamentada pela amostra representativa de diversidade de florestas estabelecidas no BSF: floresta caducifólia (Piranhas a Traipu) e subcaducifólia (Porto Real do Colégio e Piaçabuçu).

Figura 1. Localização da área de estudo para diagnóstico da vegetação ciliar alagoana na Região do Baixo Rio São Francisco com destaque para os transectos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6), onde foram realizadas coletas de dados em campo.



### *Análise Edafoclimática*

### *Análise de solo*

Foi realizada amostragem de solo (0-20 cm) nos locais de estudo, com quatro amostras em cada ponto de caracterização da vegetação (6 transectos), totalizando 24 amostras. As análises estão em andamento e incluirão avaliação de macro e micronutrientes, bem como a Capacidade de Troca Catiônica e teor de Matéria Orgânica disponível nas áreas ciliares de cada localidade, que equivale a uma avaliação para uso agrícola.

### *Dados de Precipitação estimados pelo CHIRPS*

Os dados de precipitação estimados por satélite para os municípios ribeirinhos da bacia hidrográfica do BSF no período de 2010 a 2020, foram obtidos a partir de coleções de cenas do satélite Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station

(CHIRPS). O CHIRPS são novos produtos de precipitação que abrangem as coordenadas de 50° S–50° N e 180° E–180° W, com resolução espacial de 0,05° ( $\pm 5,3$  km), e resoluções temporais diárias a sazonais, disponível mundialmente desde 1981 (Funk et al., 2015). Os dados CHIRPS foram extraídos da plataforma Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>) usando linguagem de programação em JavaScript, extraindo os dados já no formato .xls, e usando o conjunto de dados desde 1981 da coleção ee.ImageCollection (“UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY”).

### ***Mapa hipsométrico***

Para geração do mapa hipsométrico foi utilizado um mosaico digital de dados altimétricos do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)/ National Aeronautics and Space Administration (NASA) com resolução espacial de 30 x 30 metros, dos quadrantes SC-24-Z-A, SC-24-Z-B, SC-24-X-C, SC-24-X-D, com auxílio do software GRASS 7.8.5. Os índices foram definidos, então, a partir da reclassificação de pixels pelo método de quebras naturais.

### ***Uso e ocupação do solo nos municípios ribeirinhos***

Os dados de uso e ocupação do solo foram produzidos pela plataforma MapBiomas Brasil, referente a coleção 5 (Projeto MapBiomas, 2021), que usa procedimentos de classificação automática aplicados a imagens de satélite para gerar dados de cobertura e uso do solo. Esta coleção apresenta alta confiabilidade e inclui dados anuais de cobertura e uso do solo no período de 1985–2019. Com o objetivo de avaliar o impacto que as mudanças no uso do solo poderão ter nas variáveis de estado da superfície terrestre das regiões em estudo, as classes de uso e ocupação do solo foram convertidas para arquivos vetoriais, com a utilização do software QGIS 3.16.7 (QGIS Development Team, 2021). Posteriormente, foram extraídos os parâmetros estatísticos da variável cobertura vegetal, este procedimento forneceu uma base comum para comparação entre os tipos de cobertura vegetal e o tipo de uso e ocupação do solo.

### ***Estimativa da cobertura vegetal dos municípios ribeirinhos***

Com base no NDVI, foi calculada a Cobertura Vegetal (VC) da área de estudo para o período entre outubro e dezembro de 2020, conforme Gao et al. (2006).

$$VC = (NDVI - NDVI_S) / (NDVI_V - NDVI_S) \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

em que, VC é a cobertura vegetal, NDVI<sub>S</sub> é o mínimo valor de NDVI em área de solo exposto obtido na área de estudo, e NDVI<sub>V</sub> é o NDVI é valor máximo do NDVI.

### ***Mapeamento e caracterização dos remanescentes florestais na Área de Preservação Permanente Ciliar***

Com fins de mapear a vegetação ciliar no BSF foram utilizadas imagens de radar do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), imagens de satélites LANDSAT e Planet Scope (Licença para Pesquisa) (Planet team, 2017); os dados foram trabalhados no software livre e gratuito *Quantum Gis* e nos softwares ArcMap e ArcGis Pro (Licença do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento-LCG/CCAUE/UPB).

Foram delimitadas as Áreas de Preservação Permanente Ciliares (APPCs), de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e com a Resolução CONAMA nº 303/2002. As APPCs foram identificadas com base em uma análise de proximidade (ferramenta *Buffer*) que considera as faixas marginais propostas para cada curso d'água. Na análise aqui apresentada foram considerados 500 m de faixa de proteção. Os dados foram confirmados em campo, com pontos amostrais nas diferentes feições ao longo do baixo curso do Rio São Francisco.

Foram utilizados índices de vegetação derivados de imagens multiespectrais de sensores orbitais e aéreos. O processamento das imagens envolveu a análise visual e estatística das características espectrais de todas as bandas do sistema selecionado, separadamente. Para o mapeamento da cobertura vegetal ciliar foram geradas imagens com valores de reflectância para cada banda analisada. Para obtenção das imagens com valores de reflectância foram realizadas: 1) calibração radiométrica das imagens para obtenção da radiância espectral monocromática (Markham e Baker, 1987); e 2) a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de razão incidente (reflectância) (Allen et al., 2002). Foram determinados índices de vegetação específicos para a análise das condições fisiológicas, conteúdo hídrico e teor de pigmentação foliar, a partir dos dados obtidos de reflectância.

Para o estudo da eficiência fotossintética das folhas foram realizadas análises de pigmentos foliares, sobretudo clorofila (a e b) através da utilização do “índice de vegetação pela diferença normalizada” (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) (Penuelas e Inoue, 1999) das imagens do sensor Planet.

Para o cálculo do NDVI foram utilizadas as regiões do verde e infravermelho próximo, bandas 2 e 4 da Planet e bandas 4 e 5 do Landsat 8. O NDVI apresenta seus valores de quantidade e condição da vegetação em uma escala que varia de -1 a 1 (BORATTO, 2013). Para valores negativos de alvo terrestre próximo a zero (0), representam solo nu ou sem vegetação. Se o valor for maior que zero (0) representa a vegetação mais densa. O NDVI pode ser calculado pela equação 2:

$$\text{NDVI} = \text{RG} - \text{NIR} / \text{RG} + \text{NIR} \quad \text{equação (2)}$$

RED = Valor de reflectância da banda verde.

NIR = Valor de reflectância da banda do infravermelho próximo;

A partir do NDVI e conhecimento de campo foram definidas classes fitofisiográficas: áreas não-vegetadas; vegetação rala, vegetação esparsa, vegetação de transição e vegetação densa, adaptado de Chuvieco (1990) (Tabela 1).

### ***Coleta de dados em campo***

Para fins de conhecimento da composição florística da vegetação ciliar do BSF, foram selecionados os maiores fragmentos de vegetação remanescente e, no interior destes, foram estabelecidos transectos com até 5 pontos amostrais, com intervalo de 10 m. Nestes pontos foram capturados dados e informações florísticas das espécies/morfotipos: frequência, altura, CAP (Circunferência a Altura do Peito), informações morfológicas e fenológicas. Coletas de solo foram efetuadas ao longo dos transectos para posterior análise no laboratório de solos da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Estes dados serão apresentados no relatório final.

Com fins de obtenção de maior precisão no mapeamento da vegetação, os fragmentos selecionados para coleta de dados em campo foram mapeados com auxílio de um drone.

As imagens de alta resolução foram obtidas por meio de um RPAS (Remotely Piloted Aircraft System), o Phantom 4 PRO, equipado com uma câmera com sensor embarcado de 20 megapixel e tamanho do CCD de 1”, FOV de 94 °, uma abertura óptica f / 2.8 e

sensores que capturam a radiação eletromagnética nas bandas espectrais RGB (Red, Green, Blue). O equipamento possui um sistema de estabilização (Gimbal) que evita o efeito de arrasto e sistema de posicionamento GPS / GLONASS. Para o planejamento de voo foi criado um arquivo no formato keyhole Markup Language (KMZ) no programa gratuito, Google Earth, da área de interesse para o sobrevoo e importado para o aplicativo gratuito DroneDeploy.

Tabela 1. NDVI, classes fitofisiográficas e formações vegetais naturais correspondentes em Áreas de Preservação Permanentes Ciliares.

NDVI	Fitofisiografia*	Formação Natural**
-0,770 a 0,100	Área não-vegetada	-
0,100 a 0,200	Vegetação rala	<p><i>Trecho 1</i> Caatinga hiperxerófila e associações rupestres</p> <p><i>Trecho 2</i> Vegetação herbácea (em lagoas e áreas de inundação correspondem às macrófitas)</p> <p><i>Trecho 3</i> Vegetação herbácea (em lagoas e áreas de inundação, correspondem às macrófitas)</p> <p><i>Trecho 4</i> Vegetação herbácea (em lagoas e áreas de inundação, correspondem às macrófitas)</p> <p>Mangue (franjas dos bosques)</p>
0,200 a 0,400	Vegetação esparsa	<p><i>Trecho 1</i> Caatinga hiperxerófila (em topo de morro/áreas degradadas)</p> <p><i>Trecho 2</i> Vegetação herbácea (recomposição pioneira em áreas degradadas; ou pasto)</p> <p><i>Trecho 3</i> Associações de várzea</p> <p><i>Trecho 4</i> Restinga nos cordões arenosos; Mangue</p>
0,400 a 0,525	Vegetação de transição	<p><i>Trecho 1</i> Caatinga hiperxerófila (em paredões/áreas preservadas)</p> <p><i>Trecho 2</i> Mata ciliar/galeria</p> <p><i>Trecho 3</i> Caatinga hipoxerófila/Floresta Subcaducifólia; Matas de galeria/ciliares</p> <p><i>Trecho 4</i> Mangue (indivíduos com maior altura, no interior dos bosques);</p>
0,525 a 0,866	Vegetação densa	<p><i>Trecho 1</i> Caatinga hiperxerófila (em áreas ciliares)</p> <p><i>Trecho 2</i> Caatinga hipoxerófila; Matas de galeria/ciliares</p> <p><i>Trecho 3 (NDVI máximo= 0,695)</i> Caatinga hipoxerófila; Floresta Subcaducifolia; Matas de galeria/ciliares</p> <p><i>Trecho 4 (NDVI máximo= 0,695)</i> Matas de restinga (indivíduos com maior altura, no interior da mata; ou em áreas ciliares, pouco degradadas).</p>

\*Segundo Chuvieco (1990) e Silva et al. (2008); \*\*Classificação baseada em trabalho de campo.

Os voos foram realizados em condições meteorológicas visuais (Visual Line-Of-Sight -VLOS) entre às 11:00 e 15:00hs. A altura média do voo foi 100m e a velocidade

de 10 m s-1 com 60% de sobreposição lateral e longitudinal. Esses parâmetros resultaram em imagens com resolução espacial de 3 cm.

A partir dos ortomosaicos das imagens RGB em alta resolução foi possível calcular índices de vegetação baseados em RGB no software ArcGis Pro 2.2.0. Os índices de vegetação calculados foram: Índice de Folha Green (GLI), Índice de vegetação resistente à atmosfera na região do visível (VARI) (GITELSON et al., 2003) e Índice de Vermelhidão (IR) (Escadafal e Huete, 1991).

$$GLI = (2*RG - RR - RB) / (2*RG + RR + RB) \quad \text{equação (3)}$$

$$VARI = (RG - RR) / (RG + RR - RB) \quad \text{equação (4)}$$

$$RI = (RR - RG) / (RR + RG) \quad \text{equação (5)}$$

Onde, RG é a reflectância na região do verde, RR é a reflectância na região do vermelho e RB é a reflectância na região do azul.

### **Fauna associada aos ambientes ciliares**

Foram consideradas diferentes formas de registro para espécies da fauna nos ambientes terrestres avaliados durante a III Expedição Científica do rio São Francisco. Os grupos de espécies de aves e mamíferos de pequeno e médio porte foram foco da atenção da equipe durante a expedição. Os registros realizados se basearam em capturas físicas (C), avistamentos (Av), vestígios (V), Informante local (IL), foto/vídeo (Fv), peças identificadas no Museu de Traipu (MT). Foram consideradas informações obtidas durante reuniões realizadas em algumas comunidades ribeirinhas, organizadas pela equipe de pesquisa em sócio-economia da III Expedição. Quando viável foram realizadas anotações durante as reuniões sobre as espécies da fauna que ocorrem na região do Baixo São Francisco, a partir de uma questão aberta feita aos participantes: "quais são as espécies animais que observam na região, durante o seu dia-a-dia?". Foram utilizadas em campo armadilhas fotográficas e armadilhas para captura de pequenos mamíferos (Autorização para atividade científica SISBIO #76004-1). Consideramos ainda a presença de indícios indiretos da presença das espécies tais como fezes, tocas, pegadas, marcas em árvores, carcaças, animais de museu e xerimbabos como evidências da ocorrência de espécies animais que habitam ambientes ciliares na região do Baixo Rio São Francisco.

### **Mapeamento do espelho d'água e do assoreamento no Rio São Francisco**

O NDWI foi utilizado para extração da área de água de superfície a partir das bandas refletivas das imagens do satélite Landsat-8 OLI, pelo cálculo da diferença normalizada entre duas bandas de imagem, conforme a Equação (2), a plataforma Google Earth Engine foi utilizada na seleção de pixels sem nuvens e geração do mosaico de imagens utilizado no cálculo do NDWI.

$$NDWI = (B3 - B5) / (B3 + B5) \quad \text{equação (2)}$$

em que, B3 e B5 - correspondem às respectivas bandas refletivas do verde e infravermelho próximo do Landsat-8 de sensor OLI.

O NDWI separa bem corpos de água de outros tipos de cobertura do solo, as áreas de água geralmente apresentam valores maiores que zero e demais usos do solo como áreas de vegetação e solo exposto tendem a apresentar forte valor negativo. As imagens NDWI foram classificadas em água e terra usando um valor limite de 0. Posteriormente as imagens de NDWI foram utilizadas na quantificação do assoreamento da calha do Rio São Francisco ao longo da região em estudo.

O total de 500 amostras de treinamento de classificação foram distribuídas aleatoriamente nas áreas homogêneas representativas. Essas amostras foram classificadas manualmente com base na interpretação visual como pixels de água ou não e, em seguida, a matriz de confusão foi calculada comparando a classificação de água com essas amostras “verdadeiras”, com a utilização do software QGIS 3.16.7 (QGIS Development Team, 2021).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

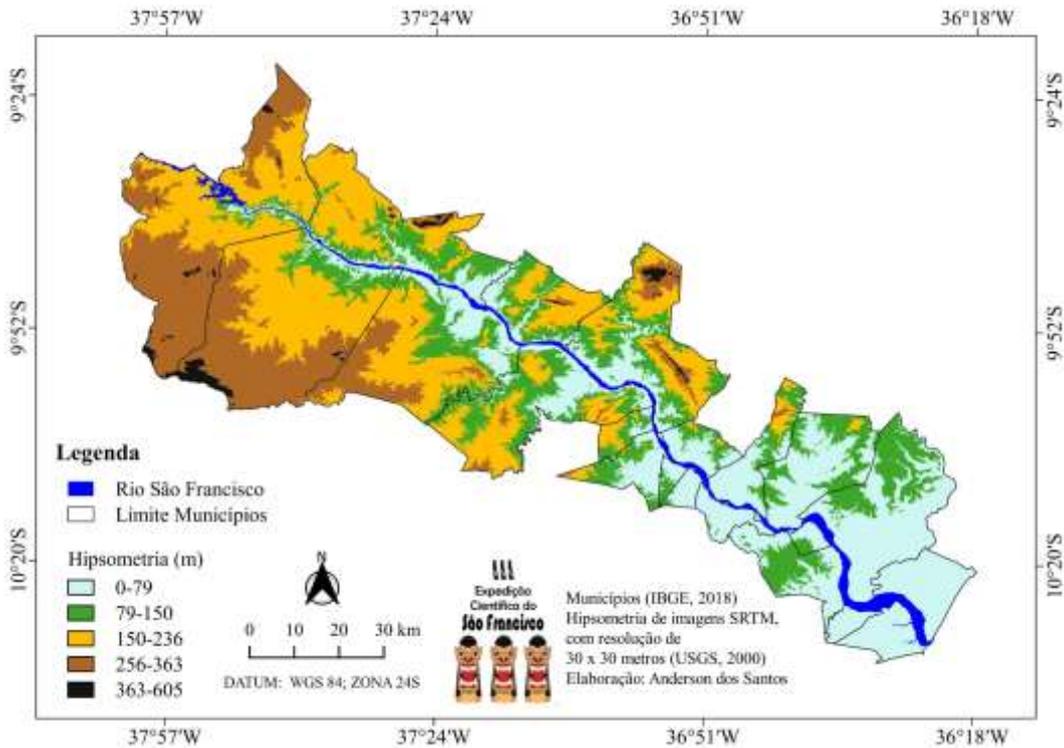
### ***Análise Edafoclimática***

As amostras de solo não tiveram sua análise concluída pelo laboratório até o término da redação deste relatório.

A análise do relevo (hipsometria) da região ciliar do Baixo São Francisco destaca dois domínios topográficos (Figura 2), um com altitudes até 150m coincidente com a zona de clima do tipo AS—tropical e quente, situada a leste de Traipu e Gararu, com verão seco e inverno com chuvas moderadas; e o domínio topográfico com altitudes entre 150m a 605m onde uma zona com clima do tipo BSh—semiárido, de baixa latitude e altitude

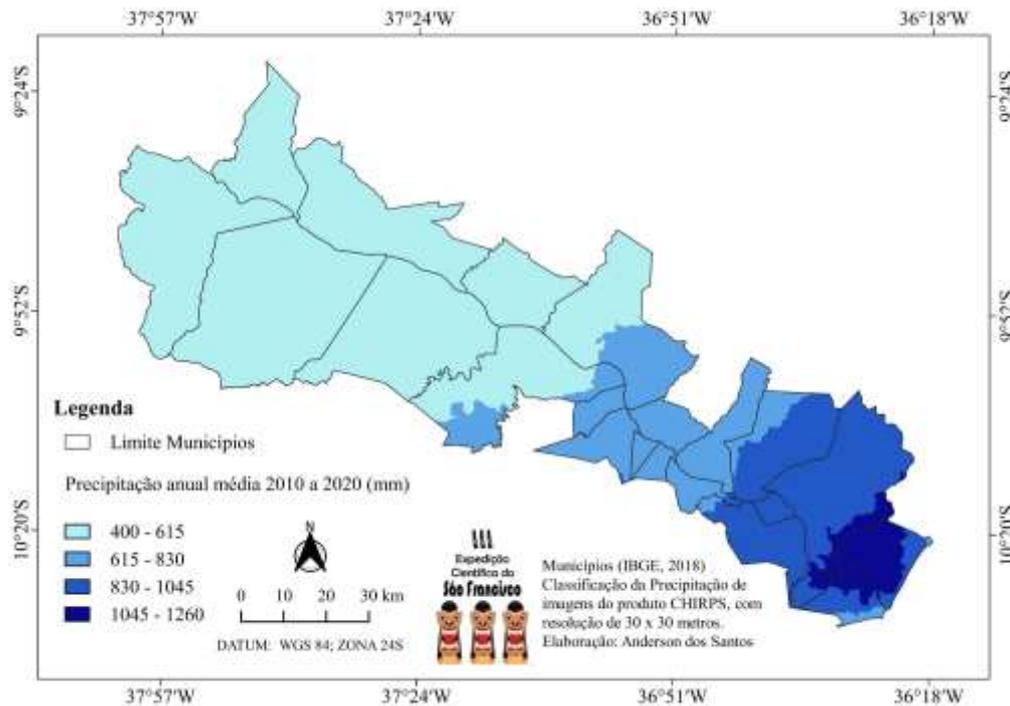
com balanço hídrico negativo que compreende toda a metade oeste da região em estudo, partindo de Traipu e Gararu. Quanto à temperatura do ar, as médias anuais variam entre 24 e 26 °C (Alvarez et al., 2013).

Figura 2. Mapa hipsométrico dos municípios ribeirinhos da bacia hidrográfica do BSF.



A espacialização da precipitação média anual da região em estudo do BSF possui variabilidade espacial com forte correlação com o relevo e com as formações vegetais, que implicaram na formação de quatro zonas, com comportamentos pluviométricos distintos (Figura 3). A pluviosidade anual apresenta os maiores acumulados médios anuais de precipitação, superiores a 830 mm ano<sup>-1</sup> no extremo leste da bacia entre os municípios de Piaçabuçu, Penedo e Brejo Grande, que compreendem áreas mais próximas à zona costeira (com baixas altitudes e de topografia plana e suavemente ondulada) (Figuras 2). As médias de precipitação diminuem na direção oeste, onde os menores acumulados médios anuais são observados entre os municípios de Piranhas e Traipu, em Alagoas, e Canindé de São Francisco e Porto da Folha, em Sergipe, com valores que variam entre 440 e 675 mm (Figuras 3).

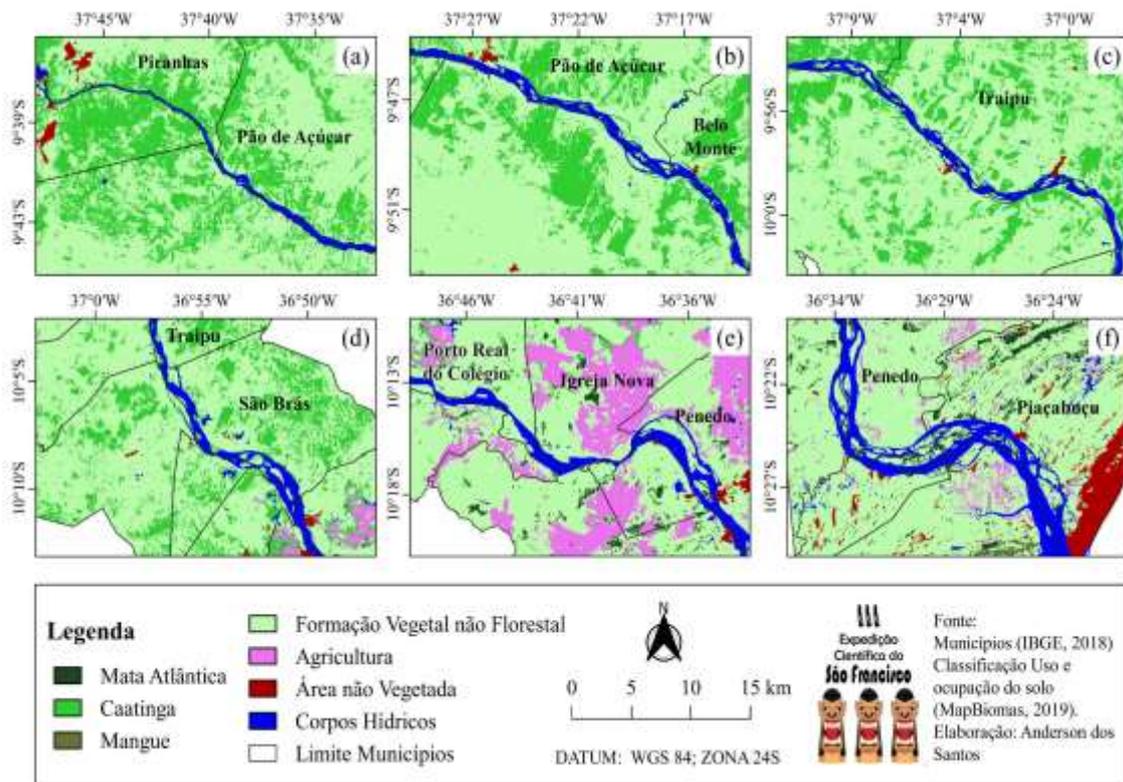
Figura 3. Precipitação média anual para o período de 2010 a 2020 na região em estudo do BSF.



### *Uso e Ocupação dos solos dos municípios ribeirinhos*

Com base na classificação via plataforma MapBiomas, baseada no satélite Landsat-8, destacou-se o mapa temático do uso e ocupação do solo, sendo as principais classes representadas na Figura 4. Os avanços da exploração das áreas agrícolas para a região hidrográfica do BSF, ocorrem principalmente na região leste, com destaque para os municípios de Igreja Nova e Penedo em Alagoas e Santana do São Francisco em Sergipe, cuja atividade agrícola ocupa 19,20%, 48,20% e 20,71% da área territorial, respectivamente. Contudo, a atividade agrícola diminui no sentido oeste até Piranhas, onde a ocupação do solo por essa atividade é inferior a 1% (Figuras 4e e 4f). O crescimento da atividade agrícola no sentido leste da região em estudo é favorecido pelos maior volume pluviométrico, relevo menos acidentado e solos mais desenvolvidos.

Figura 4. Classificação temática do uso e ocupação da terra, para os municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF. trecho 1 (a), trecho 2 (b), trecho 3 (c), trecho 4 (d), trecho 5 (e) e trecho 6 (f).



Ao analisar o uso e ocupação do solo do bioma Caatinga, ao longo dos municípios ribeirinhos na região do BSF, verificou-se maior taxa de ocupação pela vegetação nativa no lado de Alagoas entre os trechos 1 e 4, com cerca de 37,90% da área territorial, enquanto no lado de Sergipe apenas 19,67% da área territorial dos municípios ribeirinhos contidos entre os trechos 1 e 4 correspondem a vegetação nativa (Figuras 4a a 4d). No entanto, é importante destacar que em ambos os casos as áreas de vegetação mais densas, ou seja, fitofisionomias com vegetação menos espaçadas, ocorrem nas proximidades das margens do rio São Francisco, mesmo que de forma descontínua, em regiões de difícil acesso e relevo mais acidentado.

De maneira geral, as áreas de vegetação nativa estão permeadas por áreas de vegetação não florestal, que ocupam em média 71% dos solos dos municípios ribeirinhos dos Estados de Alagoas e Sergipe entre os trechos 1 e 4, decrescendo até foz onde se verifica ocupação de 64,34% (Figura 4a a 4d). A grande extensão das áreas de formação vegetal não florestal, pode estar associada à expansão das áreas de pastagens como resultado da crescente demanda por alimentos para produção animal, o que favorece as

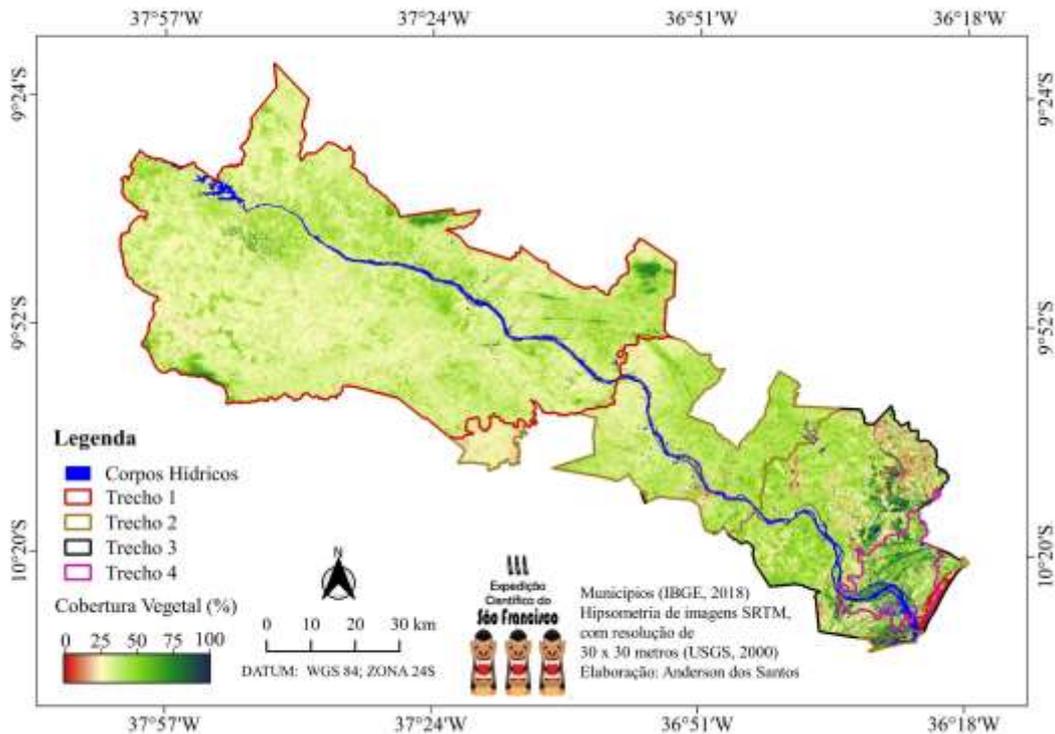
mudanças no uso e ocupação do solo. Além disso, devido ao modo de ocupação da região do BSF, as próprias cidades, estradas e muitos povoados estão localizados dentro da área onde esperava-se que houvesse Áreas de Preservação Permanente. Por conseguinte, no trecho do rio entre Porto Real do Colégio e Piaçabuçu (Foz), onde predomina o bioma Mata Atlântica, a vegetação nativa ocupa aproximadamente 8,33% do território dos municípios contidos entre os trechos 5 e 6 (Figuras 4e e 4f).

### ***Cobertura vegetal nos municípios ribeirinhos***

A variação na distribuição e volume da precipitação provocam intensas alterações na dinâmica da cobertura vegetal do solo ao longo da bacia hidrográfica do BSF. A partir do zoneamento da precipitação (Figura 3), fragmentou-se a análise da cobertura vegetal em quatro trechos (Figura 5).

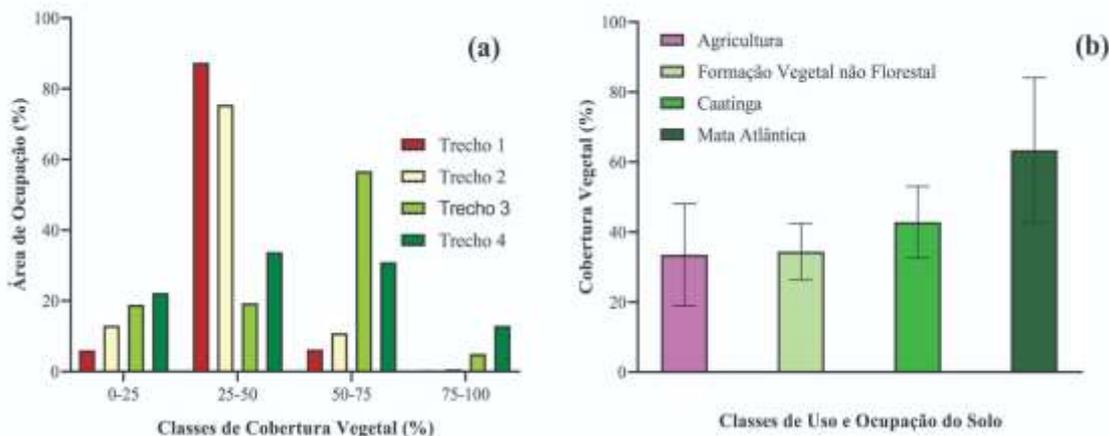
Ao analisar os dados de cobertura vegetal, observa-se que ao longo dos trechos 1 e 2, em média, 87,35% e 75,48% da área territorial apresentou de 25% a 50% de cobertura vegetal, respectivamente, revelando os efeitos dos baixos volumes pluviométricos devido aos longos períodos de seca sobre a vegetação nativa. Contudo, é importante destacar que o trecho 2 apresenta maior estado de degradação da vegetação, o que pode ser verificado pela maior ocorrência de cobertura vegetal na faixa entre 0 e 25% (Figuras 5 e 6a). Com ênfase ao trecho 1 que está contido exclusivamente no bioma Caatinga, enquanto o trecho 2 configura uma zona de transição entre os biomas Caatinga e Mata Atlântica, os baixos valores de cobertura vegetal podem ser justificados não apenas pelos eventos de seca, mas pelas características dos solos observados ao longo desse trecho, que de maneira geral, apresentam-se rasos e com baixa capacidade de armazenamento de água (Pinheiro et al., 2016; Almeida et al., 2016). Fatores que tornam essa região vulnerável à degradação e desertificação do solo (Borges et al., 2020).

Figura 5. Condição dos diferentes tipos de cobertura vegetal do agroecossistema presente nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do BSF, no período entre outubro e dezembro de 2020.



Por outro lado, verifica-se que no trecho 3 houve a maior ocorrência de cobertura vegetal entre 50% e 75%, com ocupação territorial média de 56,69%. Por conseguinte, no trecho 4 as classes de cobertura vegetal de 25% a 50% e 50% a 75% tiveram maior ocorrência, com ocupação territorial de 33,80% e 30,98%, respectivamente (Figuras 5 e 6a). Destaca-se que nos setores 3 e 4 encontra-se a maior incidência da classe de cobertura vegetal de 75% a 100%, com ocupação média de 5,02% e 12,97%; favorecida pela maior umidade existente nesses setores (Figura 5). Embora os setores a leste possuam maiores volumes pluviométricos, esses apresentam elevada degradação da vegetação, com área de aproximadamente 26402 ha e 7670 ha, dos quais 91,36% e 88,29% correspondem a áreas antropizadas, principalmente áreas dominadas por agricultura e pastagem; trechos 3 e 4, respectivamente (Figuras 5 e 6a).

Figura 6. Percentual médio de ocupação das classes de cobertura vegetal no período entre outubro e dezembro de 2020 (a); Cobertura vegetal das principais classes de uso e ocupação do solo presentes nos municípios ribeirinhos que compreendem a região hidrográfica do Baixo São Francisco, Brasil (b).



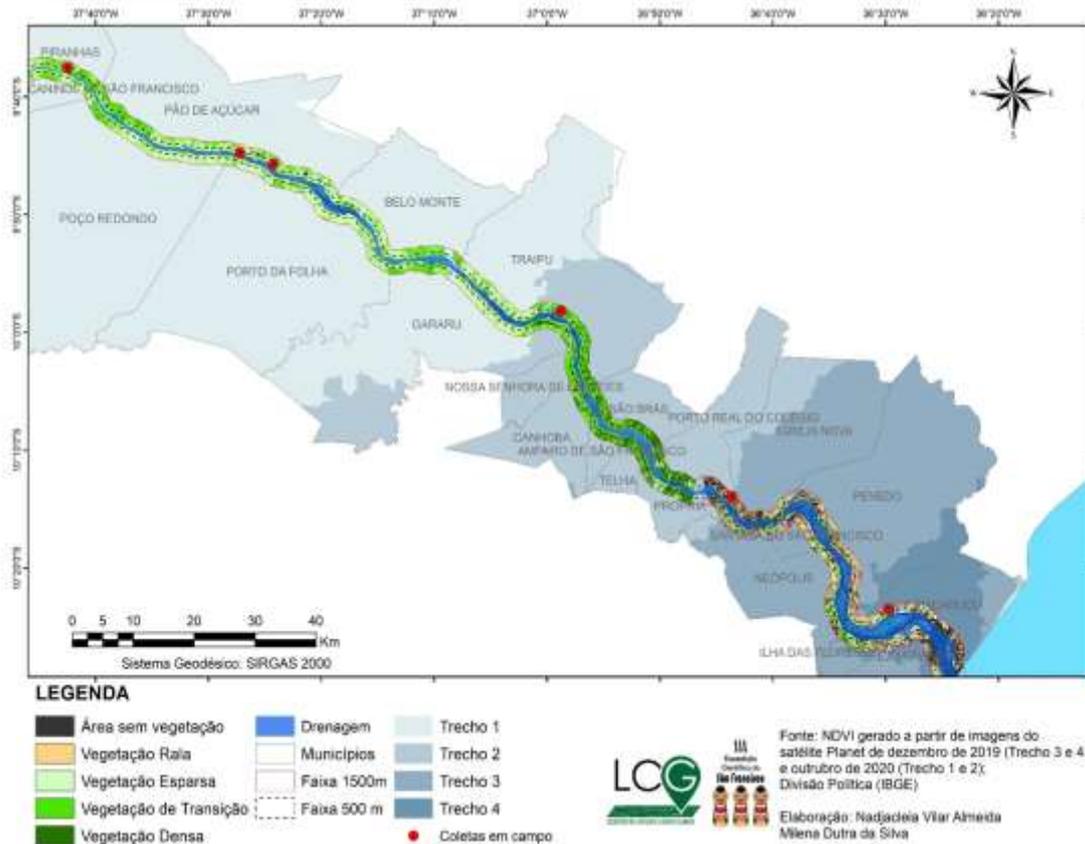
Por conseguinte, neste estudo verificou-se que os menores valores médios de cobertura vegetal são atribuídos a áreas dominadas por agricultura e formação vegetal não florestal, ( $33,52\% \pm 14,62\%$ ) e ( $34,43\% \pm 8,00\%$ ), respectivamente. Em contrapartida, os maiores valores médios de cobertura vegetal se destacaram em áreas de vegetação de caatinga ( $42,85\% \pm 10,24\%$ ) e vegetação de mata atlântica ( $63,43\% \pm 20,65\%$ ) (Figura 6b), os maiores valores de desvio padrão observados nas classes agricultura e mata atlântica estão relacionados à maior heterogeneidade das vegetações que as compõem. A substituição da vegetação primária por pastagens, culturas agrícolas e ocupação urbana, bem como o elevado estado de degradação das pastagens, a intensa atividade de pastejo em áreas naturais e a existência de áreas agrícolas em fase de pousio e de preparo do solo para o cultivo, impactam a densidade da vegetação (Silveira et al., 2018, Marengo et al., 2018; Correia Filho et al., 2019; Ferreira et al., 2020).

### **Remanescentes Florestais na Área de Preservação Permanente Ciliar**

Ao analisar os dados de índice de vegetação para a margem ciliar do BSF, em sua faixa de proteção de 500 m (Área de Preservação Permanente Ciliar – APPC) e sua vizinhança imediata, observa-se que vegetação apresenta NDVI entre 0,100 e 0,866, com classes fitofisiográficas variando entre vegetação rala e vegetação densa (Figura 7). Essa variação é justificada pela densidade de biomassa fotossintetizante relacionada às

características florísticas, fenológicas, nível de degradação ambiental e estágio de sucessão ecológica do remanescente vegetal.

Figura 7. Classes fitofisiográficas, baseadas em valores de Índice de Vegetação NDVI, na Área de Preservação Permanente Ciliar da Região do Baixo Rio São Francisco.



Em algumas áreas de maior aridez, como no município de Traipu, valores de NDVI próximos a 0,866 correspondem a lagos e/ou áreas alagáveis com grande densidade de macrófitas, sobretudo *Pistia stratiotes* L. (alface d'água) e, ou, aparente floração de microalgas, além de áreas com cultivos de copa densa como a mangueira (*Mangifera indica* L.). Isto se deve ao teor de pigmentos fotossintetizantes, densidade de cloroplastos e/ou rugosidade da superfície dos vegetais correspondentes (Ponzoni e Shimabukuro, 2010).

Destaca-se que a distribuição da precipitação é variável no território, com os maiores valores de NDVI encontrados em fragmentos estabelecidos em áreas com menor pluviosidade, nos Trechos 1 e 2 (Figura 7). Embora a composição florística reverbera as condições edafoclimáticas e de disponibilidade hídrica e de nutrientes minerais (Larcher,

2006), sobre estes remanescentes há, ainda, a pressão ocasionada pelo processo histórico-cultural de uso e ocupação das áreas ciliares convertendo essas a usos urbanos e/ou rurais. Essas pressões promovem supressão de vegetação nativa ao longo do tempo, e/ou alterações florísticas (inserção de espécies exóticas), que exibem menores valores de NDVI, ainda que as condições edafoclimáticas do ambiente sejam favoráveis a uma composição florística com maior vigor e densidade e, conseqüentemente, valores elevados para esse índice de vegetação. Este cenário é evidenciado nos Trechos 3 e 4 (Figura 7).

A vegetação remanescente na APPC no Trecho 1, apresenta valores de NDVI mais elevados para a caatinga densa, hiperxerófila, localizada em áreas ciliares (NDVI entre 0,525 e 0,866). No entanto, alguns destes fragmentos apresentam forma linear, reduzidos a árvores enfileiradas, delineando o curso de rios temporários. Fragmentos de caatinga hiperxerófila também são encontradas em paredões (NDVI entre 0,400 e 0,525), topos de morros (0,200 a 0,400) e, em menor densidade, com associações rupestres (0,100 a 0,200) (Tabela 1).

Ao estudar o NDVI em Caatinga aberta e densa no sertão, de Jesus et al. (2021) apontam que a caatinga densa apresenta maiores valores de NDVI devido as suas características fenológicas, como a permanência das folhas por período mais longo. Os autores destacam que esta característica faz da caatinga densa um importante elemento para a manutenção da umidade e conservação do solo.

As observações efetuadas em campo para o Trecho 1, sobretudo nos fragmentos remanescentes em Piranhas, Pão de Açúcar e Traipu, evidenciaram que os maiores valores de NDVI correspondem às áreas com espécies arbóreas e/ou arbustivas que conseguem manter a folha por mais tempo e que estão estabelecidas em locais de difícil acesso, quer pelas características do relevo ou pela presença de cercamento. Essas áreas com maior valor de NDVI, na APPC, apresentam-se fragmentadas.

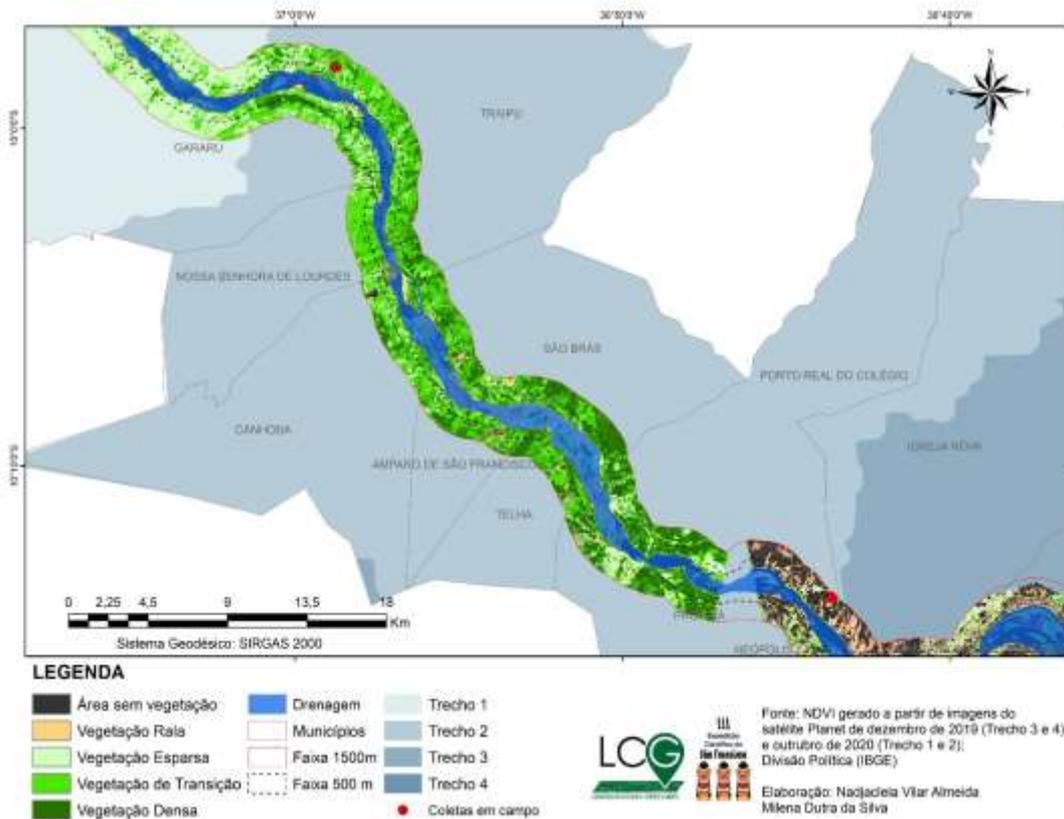
Em Pão de Açúcar e em Belo Monte, a maior parte dos fragmentos de maior densidade encontra-se fora da faixa de proteção ambiental. Em Traipu, há um predomínio de áreas não vegetadas nessa faixa, sobretudo na região ciliar à montante do rio São Francisco (Figura 8).

Estudo sobre a Caatinga na região ribeirinha do Submédio da BHSF, de 1985 a 2018, aponta a perda de habitat e a fragmentação da vegetação remanescente, com maior percentual de mudança ocorrido na Caatinga densa (85%), quer pela conversão direta



matas ripárias na Caatinga, observaram que as condições ambientais em áreas ciliares propiciam uma maior cobertura vegetal, riqueza e diversidade de espécies. Esses fatores contribuem para valores elevados de NDVI em matas ripárias.

Figura 9. Classes fitofisiográficas nas áreas ciliares na Região do Baixo São Francisco, Trecho 2, baseadas em valores de NDVI



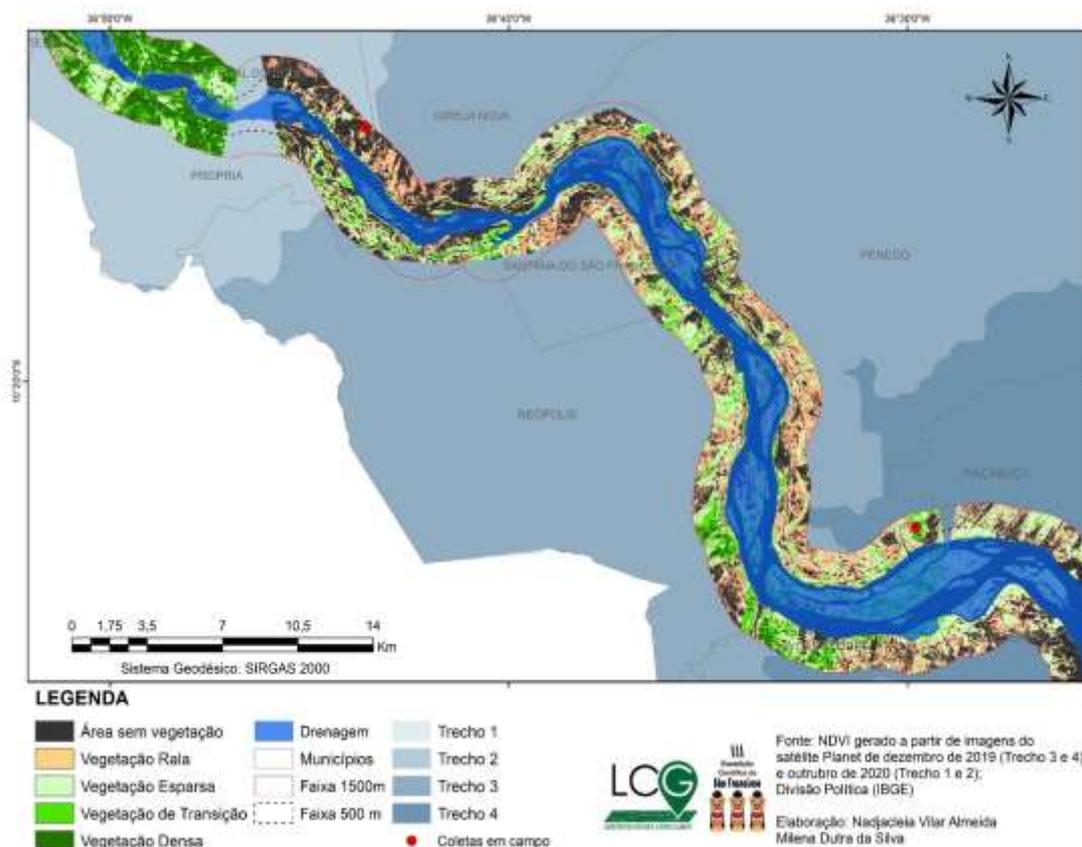
Em São Brás observam-se lagoas marginais na faixa de proteção ambiental e, também, em sua vizinhança imediata. A área ciliar dessas lagoas apresenta-se desnuda ou com baixa densidade de cobertura vegetal. Ressalta-se a importância ambiental dessas lagoas para a manutenção da biodiversidade, especialmente de aves aquáticas e para a ictiofauna, conferindo abrigo, repouso e alimento para peixes que exercem importante papel na cadeia trófica e para a sustentação pesqueira (Luz et al., 2009).

No Trecho 3, a vegetação apresenta menores valores de NDVI do que nos Trechos 1 e 2. Na APPC do Trecho 3, a vegetação remanescente é predominantemente rala (NDVI entre 0,100 e 0,200) ou esparsa (0,200 a 0,400) (Figura 10), apresentando-se fragmentada e imersa em uma matriz agrícola e, ou, entrecortada por usos urbanos. A vegetação arbórea nativa (vegetação densa e de transição) ocorre em fragmentos pequenos e

isolados, e corresponde às formações caatinga hipoxerófila/ floresta subcaducifólia, em Igreja Nova; e floresta subcaducifólia /restinga, em Penedo. A escassez de fragmentos florestais significa a perda de habitat e de biodiversidade, e a precarização dos serviços ambientais nessas áreas.

Acrescenta-se que, no Trecho 3, as associações vegetais de várzea (macrófitas e/ou espécies vegetais tolerantes às condições de inundação temporária) apresentam valores de NDVI em torno de 0,400 e, em algumas áreas colonizadas por aninga (*Montrichardia linifera* L.), valores próximos a 0,500 de NDVI. A aninga possui folhas largas (maiores que 20cm x 15cm) e indivíduos com distribuição adensada o que, aliado à sua arquitetura fotossintética foliar, produz valores elevados de NDVI.

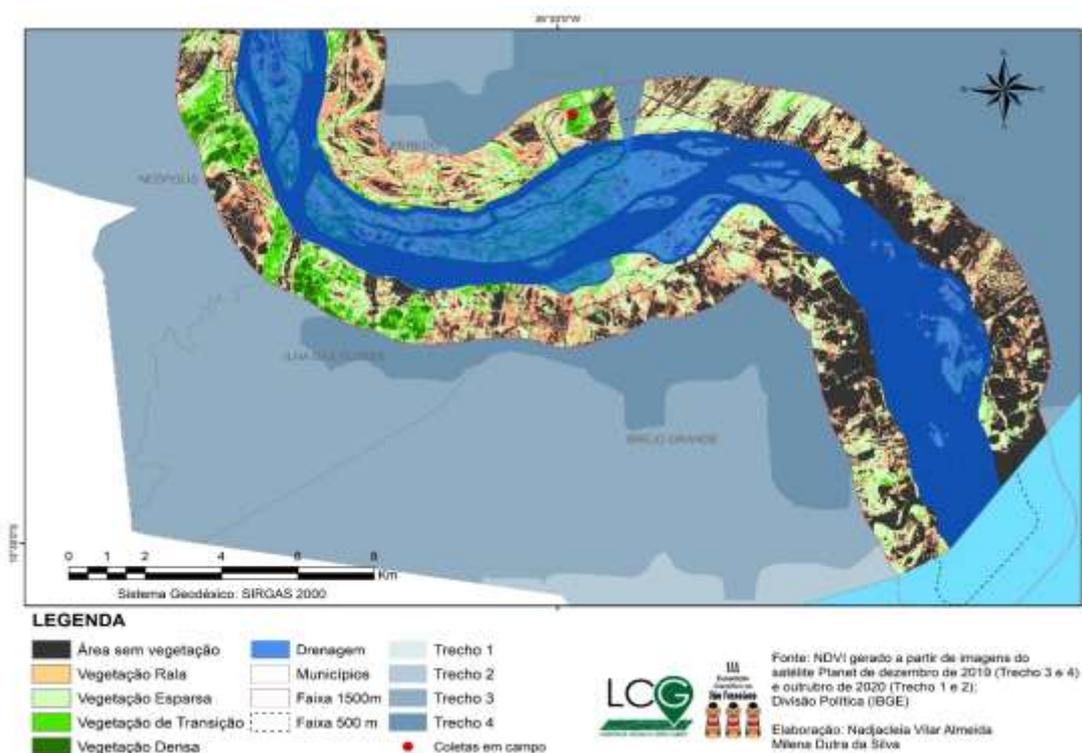
Figura 10. Classes fitofisiográficas nas áreas ciliares na Região do Baixo São Francisco, Trecho 3, baseadas em valores de NDVI.



A APPC no Trecho 4 se destaca, entre os trechos analisados, por apresentar os menores valores de NDVI, evidenciando a ausência de remanescentes florestais (Figura 11). Um pequeno fragmento com vegetação densa, na APPC, é encontrado apenas em

Ilha das Flores-SE, porém corresponde a uma área com vegetais introduzidos: mangueiras (*Mangifera indica* L.) e outras frutíferas como o côco (*Cocos nucifera* L.). A vegetação densa nativa nesse trecho está presente em fragmentos estabelecidos fora da faixa de proteção. Em Piaçabuçu-AL, valores de NDVI entre 0,525 e 0,695 (Tabela 1), correspondem às áreas com mata de restinga ciliares, em porções com indivíduos arbóreos de maior altura. A vegetação de transição, na APPC, corresponde ao mangue (indivíduos com maior altura); macrófitas, como a aninga, também exibem valores de NDVI semelhantes a vegetação de transição, demandando trabalho de campo para o mapeamento adequado com fins de detecção do mangue. Na vizinhança imediata a APPC, a vegetação de transição corresponde às matas de restinga ciliares.

Figura 11. Classes fitofisiográficas nas áreas ciliares na Região do Baixo São Francisco, Trecho 4, baseadas em valores de NDVI.



A vegetação esparsa no Trecho 4, em Piaçabuçu, corresponde a formação de restinga estabelecida em cordões arenosos, com indivíduos de baixo porte (juvenis e, ou, arbóreo-arbustivos) e, em proximidade à foz, ao bosque de mangue. Nas franjas dos bosques de mangue há uma correspondência com a classe fitofisiográfica vegetação rala. É provável que isto decorra do efeito *background* do solo e, ou, espelho d'água sob o

dossel desses indivíduos. Em ambientes ciliares com o predomínio de outras formações vegetais, a vegetação rala corresponde a uma composição herbácea.

A ausência de fragmentos florestais de maior vigor e densidade, no Trecho 4, evidencia a perda de habitat e a fragilidade ambiental na APPC desse trecho. Fahrig (2003), ao analisar a perda de habitat e a fragmentação, aponta que o cenário de perda de habitat é o que apresenta impactos mais severos à biodiversidade. Além disso, a ausência de remanescentes florestais, nesse trecho, torna as áreas ciliares ainda mais susceptíveis às oscilações da maré e, ou, do volume de vazão do rio.

### ***Remanescentes Florestais Ciliares: saúde da vegetação, por teledetecção, e evidências em campo***

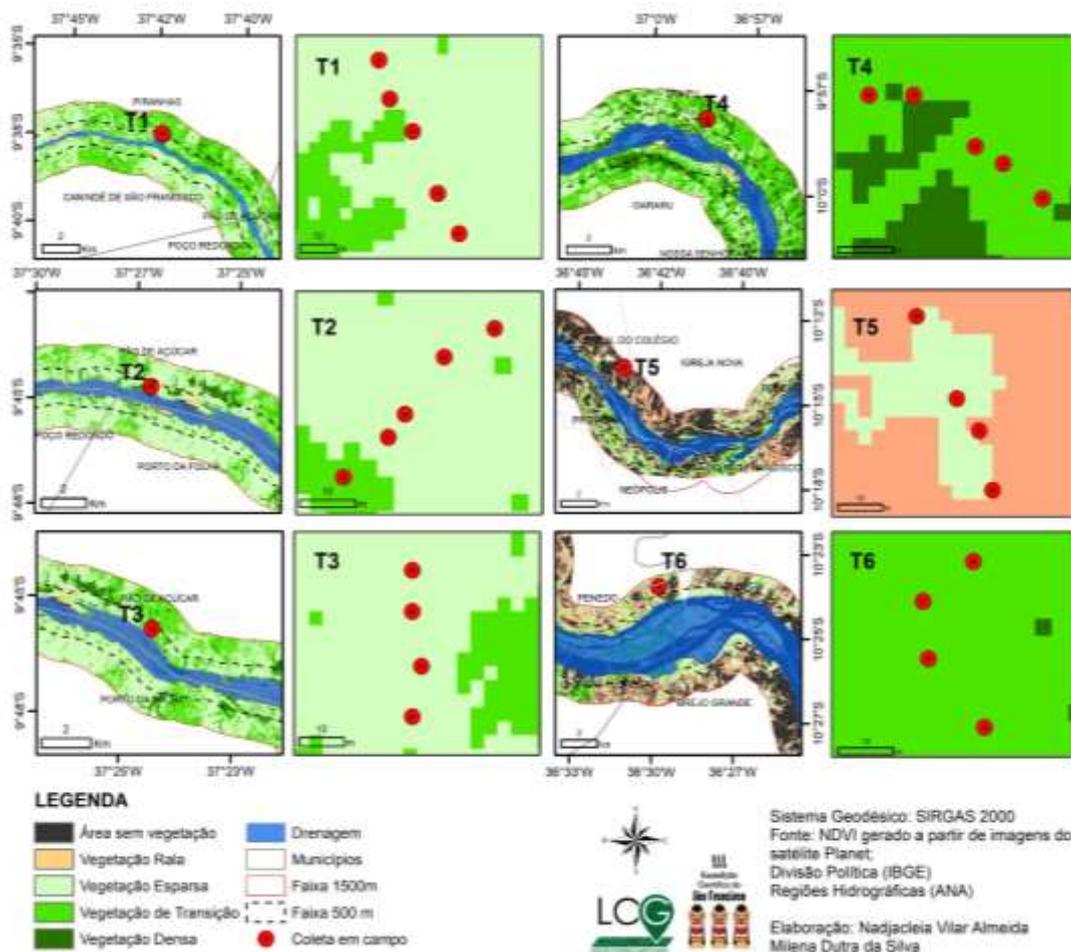
Os remanescentes florestais selecionados para avaliação da saúde da vegetação e verificação dos dados em campo (transectos T1 a T6) apresentam vigor e densidade variável, com valores de NDVI em correspondência a vegetação esparsa (transectos T1, T2, T3 e T5) e vegetação de transição (transectos T4 e T6) (Figura 12). Nos transectos T1 a T4, observa-se aumento da densidade da vegetação em alguns pontos dos transectos, ou em proximidade destes, como consequência da presença de indivíduos com copa mais densa, quer pela presença de folhas que ainda não foram descartadas (para o caso de espécies caducifólias) ou, ainda, pelo contato (sobreposição) de copas de indivíduos próximos entre si.

Outro fator influente nos valores de vigor e densidade da vegetação é a composição florística. Observa-se que transectos com densidade de vegetação semelhante entre si, também partilham configurações quanto à composição florística (Quadro 1).

Em Piranhas, a vegetação se caracteriza por uma composição florística de caatinga arbórea, com espécies heliófitas, adaptadas a baixa disponibilidade hídrica, com destaque para a ocorrência de imburana (*Amburana cearenses* (Alemão) A.C. Sm.), braúna (*Schinopsis brasilienses* Engl.), catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz), entre outras (Quadro 1). A composição florística, com espécies clímax entre as mais frequentes, indica que esta área está em processo avançado de sucessão ecológica. Destaca-se que essas espécies, sobretudo a catingueira, mantiveram suas folhas enquanto outras espécies, em seu entorno, já haviam efetuado o descarte. Adiciona-se que a área estudada apresenta cercamento, limitando o acesso de caprinos e bovinos, e está no topo da encosta.

Nos transectos em Pão de Açúcar e Traipu também há espécies heliófitas e adaptadas à restrição hídrica (Quadro 1 e Figura 13). Em Pão de Açúcar, destacam-se entre as espécies comumente encontradas, as espécies pioneiras, indicando um quadro inicial de recuperação ambiental. Trata-se de uma área de encosta (transecto T2) que, embora cercada, é utilizada para o pastoreio e ou passagem de pessoas para acesso ao rio. Em Traipu, são encontradas espécies clímax, secundárias e pioneiras (Quadro 1), indicando um quadro de perturbação em fase de recuperação. Nessa área, encontra-se evidência de corte de madeira recente. Há presença de cercamento e, no entorno, há uso rural (plantio e pastoreio).

Figura 12. Saúde da vegetação em remanescentes florestais: vigor e densidade da vegetação, baseado em valores de NDVI. T1- transecto 1 (em Piranhas); T2- transecto 2 (em Pão de Açúcar); T3- transecto 3 (em Pão de Açúcar); T4- transecto 4 (em Traipu); T5- transecto 5 (em Porto Real do Colégio); e T6- transecto 6 (em Penedinho/Piaçabuçu). Os pontos de coleta de dados em campo nos transectos distam 10m entre si.

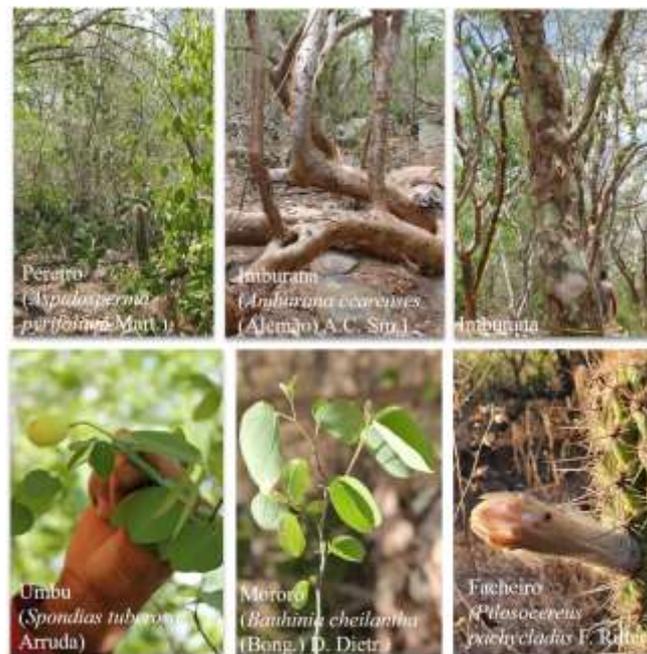


As espécies encontradas em Porto Real do Colégio estão em processo de identificação botânica. A área apresentou 10 morfotipos de espécies arbóreas, com presença de espécies caducifólias e/ou copa com baixa densidade foliar. A área tem cercamento, porém com evidência de extração de madeira; no entorno há uso rural para o plantio de macaxeira.

Em Penedinho/Piaçabuçu, há uma mudança na composição florística quando comparada às áreas anteriormente descritas. Trata-se de floresta subcaducifólia, de formação vegetal restinga, sobre cordões arenosos, em propriedade privada e com cercamento. Entre as espécies comumente encontradas estão pioneiras e secundárias (Quadro 1).

Quanto à altura e a CAP, as espécies na APPC variaram entre 1,5 m e 16 m de altura e CAP, entre 0,10 m e 1,60 m (Figura 14). Os maiores valores corresponderam a vegetais estabelecidos em áreas mais úmidas (Penedinho/Piaçabuçu).

Figura 13. Espécies encontradas na mata ciliar do Rio São Francisco, caatinga alagoana. Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar e Traipu. Fotos: Milena Dutra da Silva, em dezembro de 2020.



**Quadro 1. Espécies arbóreas da mata ciliar do Rio São Francisco, em Alagoas.**

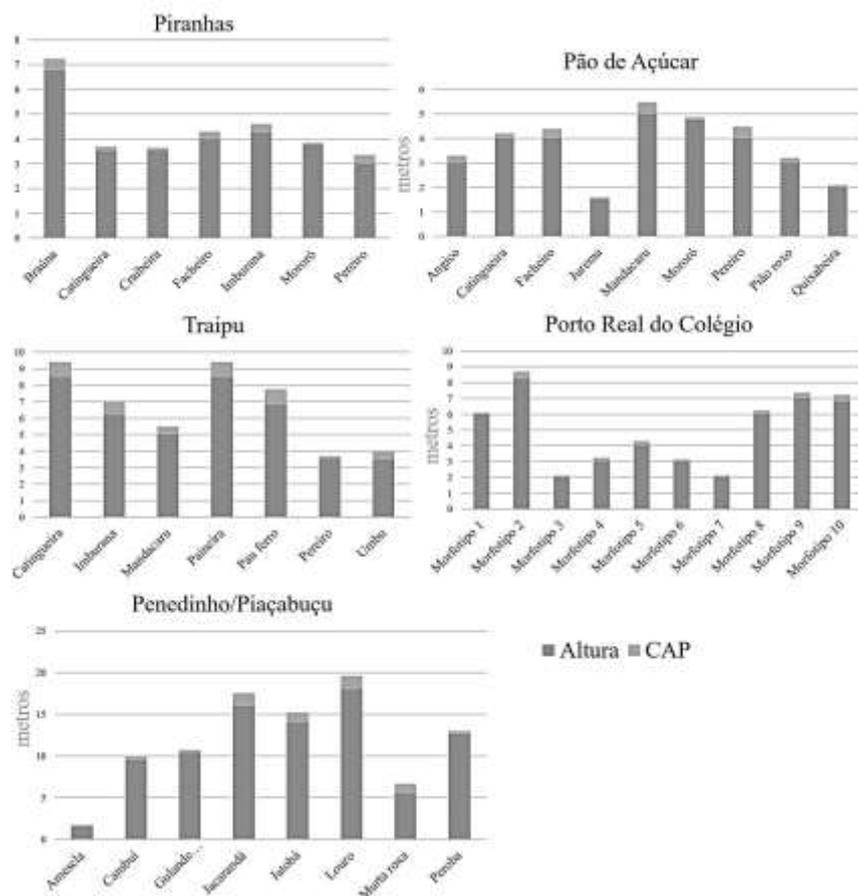
Nome Popular	Nome Científico	Família	Ocorrência*	Informações Ecológicas ***
Amescla	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Burseraceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Heliófito; frequente em solos arenosos e/ou em áreas ciliares. Formações florestais primárias ou secundárias. Floração: agosto a setembro. Polinização: Morcegos e abelhas. Frutificação: novembro a dezembro. Dispersão zoocórica: ornitocórica e mirmecórica.
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Fabaceae	Pão de Açúcar	Heliófito; pioneira ou secundária inicial; grande capacidade de se desenvolver em solos pobres e/ou erodidos. Floração: outubro a novembro. Polinização: abelhas e insetos pequenos. Frutificação: maio a junho. Dispersão: autocórica (barocórica).
Braúna	<i>Schinopsis brasilienses</i> Engl.	Anacardiaceae	Piranhas	Heliófito; espécie clímax; em risco de extinção. Floração: junho a setembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: outubro e novembro. Dispersão: anemocórica.
Catingueira	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz	Fabaceae	Piranhas; Pão de Açúcar; e Traipu	Heliófito; xerófito; pioneira; endêmica; adaptável aos diferentes solos, incluindo solos pobres e pedregosos. Floração: outubro a fevereiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: dezembro e junho. Dispersão: autocórica (barocórica).
Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) S. Moore	Bignoniaceae	Piranhas; Porto Real do Colégio**	Heliófito; secundária; tolerante a solos salinos; frequente em áreas ciliares. Floração: agosto e setembro. Polinização: ornitofilia. Frutificação: agosto a outubro. Dispersão: anemocórica.
Cambuí	<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	Myrtaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Nativa. Espécie secundária; pode ocorrer em solos arenosos inundáveis e não-inundáveis. Floração: setembro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: outubro a março. Dispersão zoocórica.
Facheiro	<i>Pilosocereus pachycladus</i> F. Ritter subsp. <i>pernambucoensis</i> (F. Ritter) Zappi	Cactaceae	Piranhas; Pão de Açúcar	Heliófito; xerófito; pioneira. Grande capacidade de se desenvolver em solos rasos; espécie chave para a recuperação de áreas degradadas. Floração: novembro a fevereiro. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: janeiro a abril. Dispersão: zoocórica.
Gulande-carvalho	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Calophyllaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Heliófito; ocorre em áreas ciliares encharcadas; em formações florestais pioneiras ou em outros níveis de sucessão ecológica. Polinização: melitofilia. Frutificação: maio a junho e agosto a novembro. Dispersão: quiropterocoria; ou hidrocoria (frutos sem endocarpo).
Imburana-de-cheiro	<i>Amburana cearenses</i> (Alemão) A.C. Sm.	Fabaceae	Piranhas; Traipu	Heliófito; espécie clímax; em risco de extinção. Floração: maio a julho. Polinização: melitofilia. Frutificação: junho a outubro. Dispersão: anemocórica.

Jacarandá	<i>Jacaranda acutifolia</i> Bonpl.	Bignoniaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Heliófito; pioneira. Floração: agosto a novembro. Polinização: melitofilia. Frutificação: maio a setembro. Dispersão: anemocórica.
Jatobá	<i>Hymenaea martiana</i> Hayne	Fabaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Heliófito; espécie clímax, comum em áreas ciliares. Floração: dezembro a fevereiro. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: março a maio. Dispersão: zoocórica
Jurema	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poir.	Mimosaceae	Pão de Açúcar	Heliófito; pioneira à formação secundária de áreas de várzea e/ou solo úmido e profundo, porém também se desenvolve sob restrição hídrica; indicada para a recuperação de áreas ciliares degradadas. Floração: novembro a fevereiro (período de estiagem). Polinização: melitofilia. Frutificação: novembro a fevereiro (período de estiagem). Dispersão: autocórica
Louro	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex. Steud.	Boraginaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Heliófito; espécie secundária. Comum em áreas ciliares, com preferência por solo mais férteis. Floração: maio a junho. Polinização: abelhas e insetos. Frutificação: julho a setembro. Dispersão: anemocórica.
Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i> D.C.	Cactaceae	Pão de Açúcar; Traipu	Xerófito; pioneira. Floração: novembro a janeiro (logo após as primeiras chuvas). Polinização: quiropterofilia. Frutificação: janeiro a março. Dispersão: zoocórica.
Mororó	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) D. Dietr.	Fabaceae	Piranhas; Pão de Açúcar	Heliófito; pioneira. Floração: maio a agosto. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: julho a setembro. Dispersão: autocórica
Murta Roxa	<i>Myrtus</i> cf. L.	Myrtaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	(Informação dependente da confirmação da identificação da espécie.)
Paineira	<i>Ceiba glaziovii</i> K. Schum.	Malvaceae	Traipu	Heliófito; secundária; endêmica. Floração: maio a outubro. Polinização: quiropterofilia. Frutificação: setembro a dezembro. Dispersão: anemocórica.
Pau Ferro	<i>Libidibia ferrea</i> Mart. ex. Tul.	Fabaceae	Traipu	Heliófito; seletiva xerófito; clímax. Floração: janeiro a março. Polinização: melitofilia. Frutificação: julho a outubro. Dispersão: zoocórica
Pereiro	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.	Apocynaceae	Piranhas; Pão de Açúcar; Traipu	Heliófito; secundária. Floração: julho a outubro. Polinização: esfingofilia. Frutificação: julho a novembro. Dispersão: anemocórica.
Peroba	<i>Aspidosperma</i> cf. <i>cylindrocarpon</i> Muell. Arg.	Apocynaceae	Penedinho/ Piaçabuçu	Heliófito; secundária, frequente em áreas ciliares. Floração: setembro a novembro. Polinização: insetos. Frutificação: agosto a outubro. Dispersão: anemocórica.
Pião roxo	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Euphorbiaceae	Pão de Açúcar	Pioneira, adaptada a uma maior disponibilidade de matéria orgânica no solo. Floração: julho. Polinização: melitofilia e ornitofilia. Frutificação: setembro a novembro. Dispersão: autocórica.

Quixabeira	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T. D. Penn.	Sapotaceae	Pão de Açúcar	Heliófila seletiva; higrófila; comum em áreas ciliares e várzeas úmidas. Floração: outubro a dezembro. Polinização: abelhas e moscas silvestres. Frutificação: janeiro a abril. Dispersão: ornitocórica.
Umbu	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Anacardiaceae	Traipu	Heliófila; espécie clímax; ocorre em solos diversos. Floração: outubro a janeiro. Polinização: melitofilia. Frutificação: novembro a março. Dispersão: zoocórica.
Velame	<i>Croton heliotropifolius</i> Kunth cf.	Euphorbiaceae	Pão de Açúcar	Heliófila; pioneira. Polinização: abelhas e moscas silvestres. Dispersão: mirmecórica.

\*Refere-se às áreas em que foram delimitados os transectos. \*\*Avistamento em proximidade às áreas dos transectos, porém não foram incluídas no senso e análises para a composição florística da referida área. \*\*\*Fonte: Santos et al. (2009); EMBRAPA (2021); CNIP (2021).

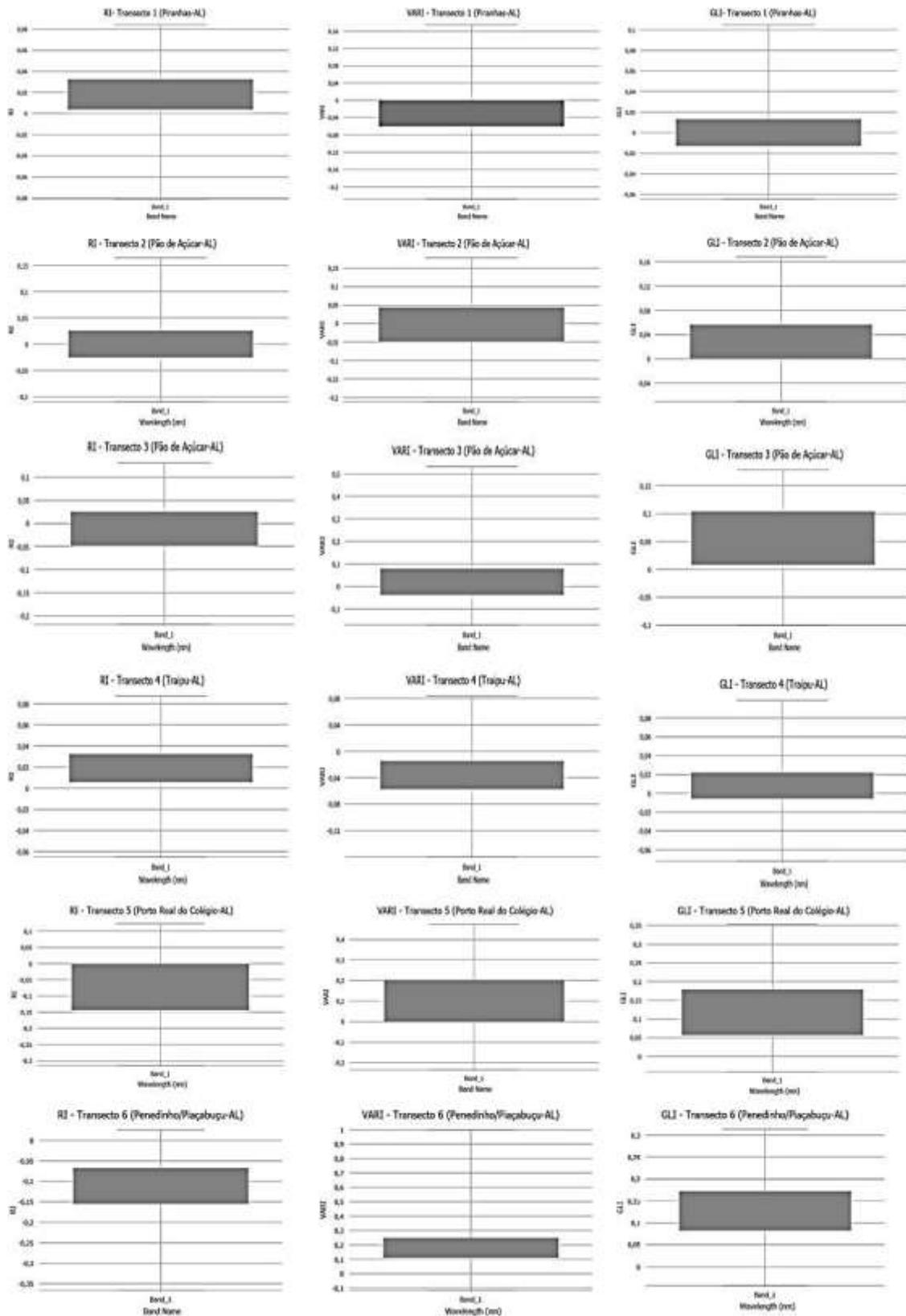
Figura 14. Altura e CAP de espécies arbóreas estabelecidas em áreas ciliares do Baixo Rio São Francisco, em Alagoas.



Para evidenciação do efeito *background* do solo nos índices de vegetação, em maior escala de detalhamento, foi determinado o RI (índice de vermelhidão), com maiores valores correspondentes ao solo desnudo. Observa-se que os remanescentes florestais estudados diferem quanto à cobertura de solo, ainda que apresentem formação vegetal e composição florística semelhantes (Figura 15).

Remanescentes florestais com vegetação esparsa (T1, T2, T3 e T4) possuem RI indicativo de solo desnudo e, ou, aparente, sob as copas das árvores. As espécies encontradas nestes transectos possuem copas abertas e, ou, apresentam declínio na biomassa fotossintetizante devido ao processo de caducifolia/estágio fenológico. Os transectos em Pão de Açúcar apresentaram menor quantidade de solo desnudo entre os transectos com vegetação esparsa. O T2 e o T3 diferem dos demais por apresentar áreas com comunidade regenerante/juvenis, especialmente de mororó (*Bauhinia cheilantha*) (T2) e vegetação herbácea (T3). Nos transectos T5 e T6, há uma maior cobertura do solo pelas copas das árvores, com efeito *background* do solo pouco atuante (Figura 15).

Figura 15. Índices de vegetação, baseados em dados RGB, aplicados a remanescentes florestais em áreas ciliares no Baixo São Francisco. RI - índice de vermelhidão; VARI - Índice de vegetação resistente à atmosfera na região do visível; e GLI (índice de folha verde).



Escadafal (2017) destaca a importância da observação da influência do solo para a análise por teledetecção em ambientes áridos, indicando a utilização de índices especializados e de maior sensibilidade de resposta aos minerais do solo. Esses índices de grande sensibilidade ao solo, a exemplo do RI, são úteis ao monitoramento dos processos de degradação ambiental e desertificação. Há que se considerar que valores elevados de RI indicam solos expostos à radiação e, conseqüentemente, maior evapotranspiração e inviabilização de recursos hídricos para a regeneração da vegetação.

Os remanescentes florestais apresentam variação quanto ao nível de estresse, determinados pelo VARI (Índice de vegetação resistente à atmosfera na região do visível), com menores valores (estresse) encontrados nos transectos T1, T2, T3 e T4 (Figura 15). A condição de estresse da vegetação apresenta-se mais severa em Traipu (T4). Nos transectos T5 e T6, a vegetação exibe menores níveis de estresse, com valores de VARI superiores a zero (Figura 14). É provável que a disponibilidade hídrica e nutricional do solo nestes transectos seja superior aos demais.

Avaliando o GLI (índice de folha verde), observa-se que a vegetação remanescente em Piranhas (T1) e Traipu (T4) exibe folhas em processo avançado de senescência (Figura 14). Em Pão de Açúcar (T2 e T3), valores de GLI indicam fotossíntese ativa reduzida, que pode ser indicativo de espécies caducifólias iniciando os processos fisiológico para o descarte da folha e, ou, redução de pigmentos fotossintéticos em resposta à deficiência hídrica/nutricional. Nos demais remanescentes florestais a vegetação apresenta folhas saudáveis e funcionais para a fotossíntese.

### ***Fauna Associada***

Durante a III Expedição Científica do São Francisco foram registradas, nas áreas ciliares, espécies de mamíferos e aves, com destaque para a presença de espécies raras e ameaçadas de extinção (Quadro 2).

Levantamentos anteriores realizados na margem Sergipana da bacia listaram a ocorrência de 21 espécies de mamíferos não voadores na região (Tabela 2), sendo oito delas representantes do grupo dos pequenos mamíferos: *Gracillanus agilis*, *Monodelphis domestica*, *Callitrix jacchus*, *Calomys mattevi*, *Wiedomys pirrihomis*, *Galea spixiis*, *Kerodon rupestres*, *Thrichomys laurentius*; e 13 espécies consideradas mamíferos de médio e grande portes: *Didelphis marsupialis*, *Euphractus sexcintus*, *Dasybus sp*, *Tamandua tetradactyla*, *Leopardus pardalis*, *Leopardus tigrinus*, *Puma yagouaroundi*,

*Cerdocyon thous*, *Lontra longicaudis*, *Conepatus semistriatus*, *Procyon cancrivorus*, *Mazama goazoubira*, *Hydrochoeris hydrochaeris* (Dias et al. 2017; Dias et al., 2019) . Coma III Expedição puderam ser confirmadas onze espécies de mamíferos: *Galea spixiis*, *Kerodon rupestres*, *Thrichomys laurentius*, *Didelphis marsupialis*, *Dasypus sp*, *Tamandua tetradactyla*, *Leopardus tigrinus*, *Cerdocyon thous*, *Lontra longicaudis*, *Mazama goazoubira*, *Hydrochoeris hydrochaeris*. Além dessas espécies, já listadas para a região, observamos relatos da presença do macaco do mangue, no município de Brejo Grande, que pela descrição e área de registro coincide com *Sapajos xhantosthernos*, cujo nome comum é macaco prego de peito amarelo ou macaco-do-mangue – espécie endêmica e ameaçada, de acordo com a classificação do ICMBio - Em Perigo (EN) - A2cd+C2a(i).

Quadro 2. Espécies de aves e mamíferos registradas durante a III Expedição Científica do Rio São Francisco. As aves listadas foram observadas diretamente em uma lagoa marginal ao rio São Francisco, no município de Traipu-AL. \* - Espécies de mamíferos ameaçadas de extinção; SR – sem registro

Modo Registro	Ordem	Família	Espécie	Nome popular
IL, MT	Didelphimophia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	saruê
SR	Didelphimophia	Didelphidae	<i>Gracillanus agilis</i>	cuica graciosa
SR	Didelphimophia	Didelphidae	<i>Monodelphis domestica</i>	rato cachorro
IL	Cingulata	<u>Dasypodidae</u>	<i>Euphractus sexcintus</i>	tatu peba
MT	Cingulata	<u>Dasypodidae</u>	<i>Dasypus novencintus</i>	tatu galinha
MT	Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i> *	tamanduá-mirim
MT	<u>Primates</u>	<u>Cebidae</u>	<i>Callitrix jacchus</i>	soín
SR	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	jaguaririca
MT	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>	gato do mato
SR	Carnivora	Felidae	<i>Puma yagouaroundi</i>	jaguarundi
MT	Carnivora	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	raposinha
MT, IL	Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i> *	lontra
SR	Carnivora	<u>Mephitidae</u>	<i>Conepatus semistriatus</i>	cangambá
SR	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	mão-pelada
MT	Cetartiodactyla	Cervidae	<i>Mazama goazoubira</i>	veado-catingueiro
SR	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys mattevi</i>	camundongo-do-campo
SR	Rodentia	Cricetidae	<i>Wiedomys pirrihomis</i>	rato bico-de-lacre

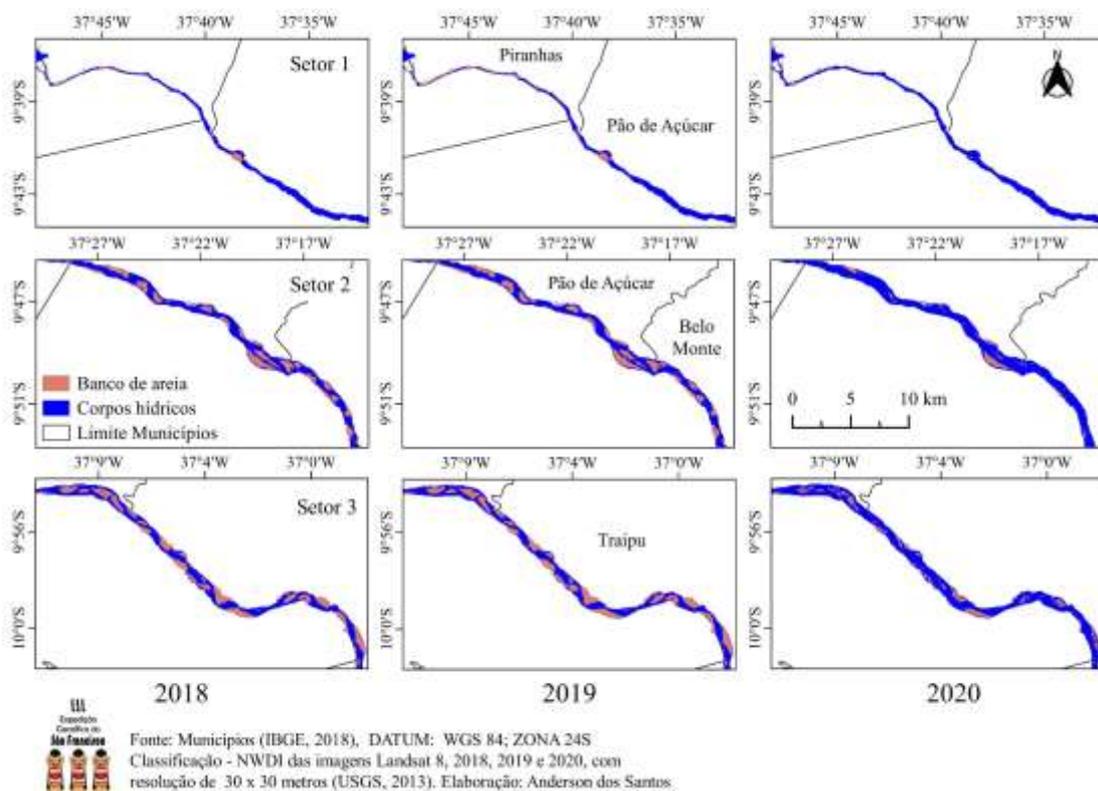
IL	Rodentia	<u>Caviidae</u>	<i>Galea spixiis</i>	preá
IL, MT	Rodentia	<u>Caviidae</u>	<i>Hydrochoeris hydrochaeris</i>	capivara
IL	Rodentia	<u>Caviidae</u>	<i>Kerodon rupestris</i>	mocó
C	Rodentia	<u>Echimyidae</u>	<i>Thrichomys laurentius</i>	punaré
IL	Primates	Cebidae	<i>Sapajus Xanthosternos*</i>	Macaco-do-mangue
Av	Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	cabeça-seca
Av	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	socozinho
Av	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	garça-branca-grande
Av	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea cocoi</i>	garça-moura
Av	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena
Av	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira
Av	Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Platalea ajaja</i>	colhereiro
Av	Charadriiformes	Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i>	jaçanã
Av	Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicans</i>	pernilongo-costas-negras
Av	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero
Av	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	quiri-quiri
Av	Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	carcará
Av	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	gavião-caramujeiro
Av	Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó
Av	Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	coruja-buraqueira
Av	Anseriformes	Anatidae	<i>Cairina moschata</i>	pato-do-mato
Av	Anseriformes	Anatidae	<i>Sarkidiornis sylvicola</i>	pato-de-crista
Av	Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna viduata</i>	Irerê
Fv	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Falcão peregrino

### ***Mapeamento do espelho d'água e do assoreamento no Rio São Francisco***

No período de 2018 a 2019, cerca de 40,49% da área superficial da calha do rio eram correspondentes a bancos de areia. No entanto, em 2020, o rio apresentou aumento da superfície de corpos hídricos, proveniente do aumento da vazão média anual na usina hidrelétrica de Xingó,  $1980 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (ANA, 2021), o que ocasionou uma menor exposição dos bancos de areia, que atingiram apenas 25,44% da área superficial da calha hídrica do Baixo São Francisco (Figuras 15 e 16).

De maneira geral, as baixas vazões médias anuais praticadas em Xingó, nos anos de 2018 e 2019, 1311 m<sup>3</sup>.s-1 e 1094 m<sup>3</sup>.s-1, respectivamente (ANA, 2021), implicaram em redução da área superficial dos corpos hídricos ao longo da calha hídrica do BSF, e consequentemente maior exposição dos bancos de areia e áreas marginais da calha, além disso, as reduções das vazões nominais diminuem a força de arraste da correnteza do rio, promovendo a deposição dos sedimentos ao longo do curso hídrico, formando bancos de areia e ilhas, que agravam as condições já existentes de assoreamento.

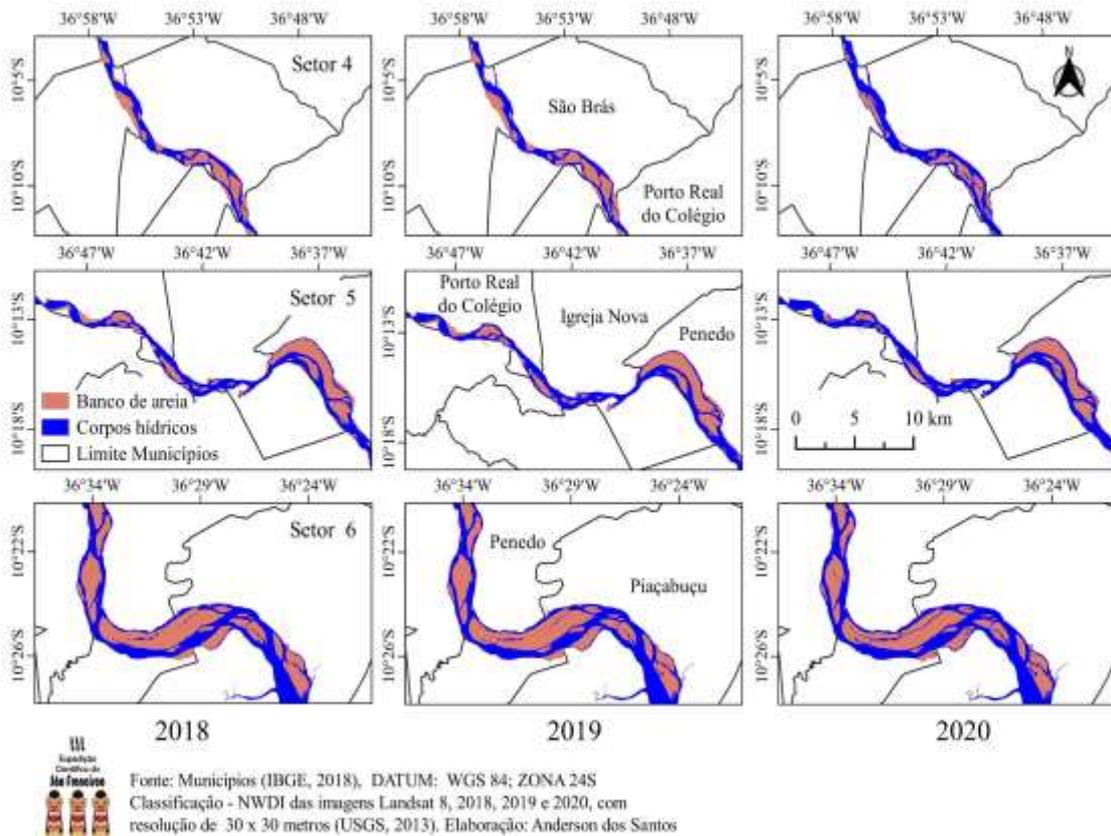
Figura 15. Ocupação média da área superficial da calha principal do Rio São Francisco na região do BSF nos setores 1, 2 e 3, para os anos de 2018, 2019 e 2020.



É importante salientar que, de Piranhas a Piaçabuçu, existem locais onde a presença de bancos de areia depende da largura e profundidade da calha hídrica, de modo que nos setores mais estreitos e profundos, setores 1 e 2, observa-se pouca ocorrência de bancos de areia (Figura 15), com ocupação média da calha hídrica de cerca de 23,67% e 36,06%, respectivamente, nos anos de 2018 e 2019 (Figura 17a e 17b); atingindo, no ano de 2020, área superficial correspondente a apenas 5,72% (setor 1) e 11,84% (setor 2) da extensão d (Figura 17c). Por conseguinte, o setor 3 chama atenção no terço médio da região hidrográfica do BSF, por apresentar elevado número de pequenos bancos de areia

nos anos de 2018 e 2019, com área superficial média de 41,49%. Este cenário torna o leito do rio mais estreito e menos profundo em alguns pontos, ocasionando danos ao ecossistema e as comunidades ribeirinhas.

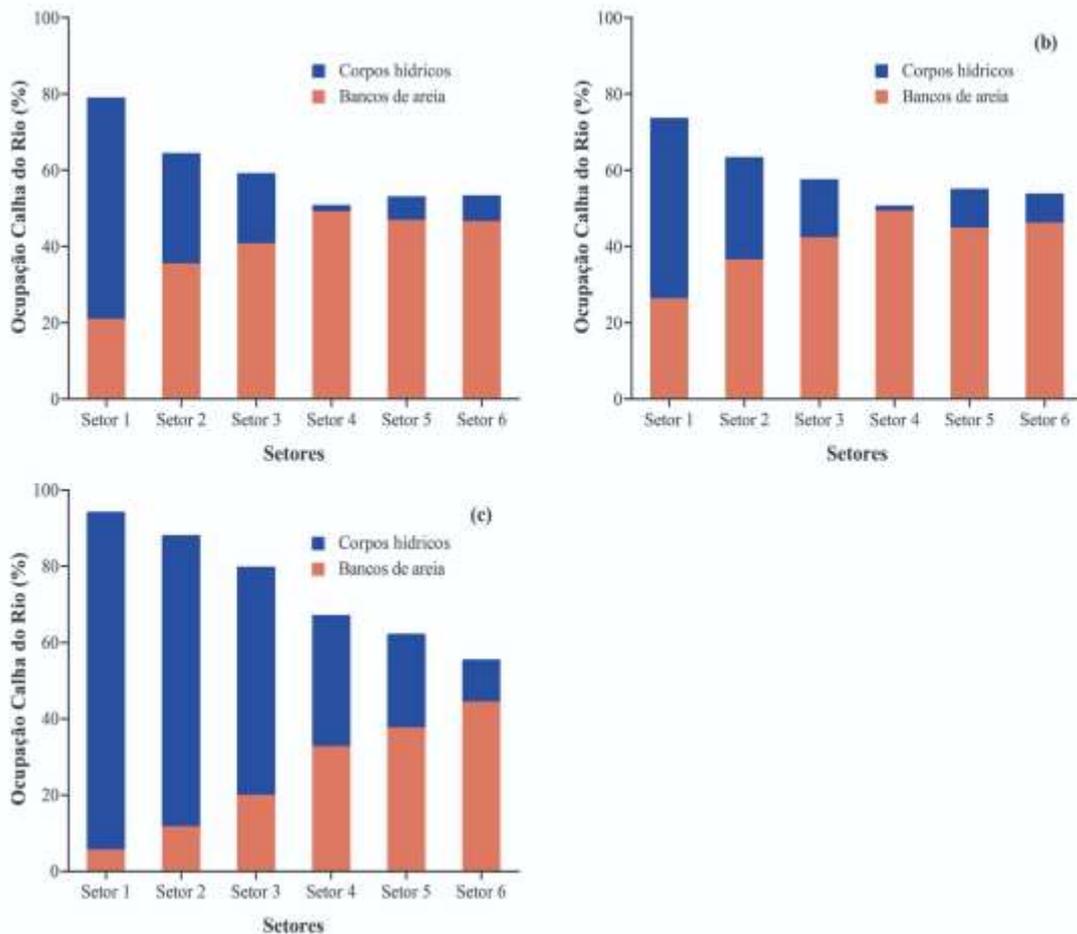
Figura 16. Ocupação média da área superficial da calha principal do Rio São Francisco na região do BSF nos setores 4, 5 e 6, para os anos de 2018, 2019 e 2020.



Além disso, verifica-se maior extensão de bancos de areia à jusante do rio, correspondente aos setores 4, 5 e 6 (Figura 16). Esses setores estão localizados em uma região de menor altitude e relevo mais plano (Figura 2), deste modo, os sedimentos acumulados ao longo dos cursos hídricos e transportados pelo próprio rio são depositados com maior intensidade nesses setores, onde a velocidade da vazão é naturalmente menor. Vale salientar que, esses setores apresentaram as menores flutuações nas áreas de bancos de areia, ao longo dos anos de 2018 a 2020, dos quais o setor 4 apresenta-se mais susceptível às alterações das vazões nominais em Xingó. Em 2018 e 2019, anos das menores vazões nominais em Xingó, a área superficial de bancos de areia chegou a ocupar 49,26% da sua calha hídrica, com redução no ano de 2020 (Figura 17). As regiões mais

próximas à foz dependem essencialmente da ocorrência de maiores vazões para arrastar os sedimentos depositados em bancos de areias formados recentemente, ou para evitar a sua deposição no leito do rio.

Figura 17. Ocupação (%) da área superficial da calha principal do Rio São Francisco na região do BSF, para os anos de 2018 (a), 2019 (b) e 2020 (c).



### ***Problemas ambientais encontrados: algumas considerações***

As principais atividades desenvolvidas na BHSF, na região do Baixo Curso, causam impactos significativos na paisagem que reduzem a capacidade de suporte do ambiente. Os problemas ambientais identificados na Área de Preservação Permanente Ciliar (faixa de 500 m), e vizinhança imediata, podem ser categorizados em três classes: (1) impactos causados pela urbanização; (2) impactos ligados à produção animal (pecuária); e, (3) impactos relacionados à produção vegetal (agricultura e extração vegetal); a saber:

1. Impactos negativos da urbanização: Desmatamento; Impermeabilização do solo; Lançamento de Esgotos domésticos (ausência de saneamento básico) no rio.
2. Impactos negativos da pecuária: Desmatamento; Compactação e impermeabilização do solo; Pastejo Extensivo; Erosão; Redução da biodiversidade.
3. Impactos negativos da agricultura: Desmatamento; Impermeabilização do solo; Monocultura; Erosão; Fragmentação dos remanescentes florestais; Redução da biodiversidade.

Vale salientar que espécies clímax, em risco de extinção, como a imburana de cheiro (*Amburana cearenses*) e braúna (*Schinopsis brasilienses* Engl.), foram encontradas apenas em dois transectos, um no município de Piranhas e o outro em Traipu. Neste último, registrou-se apenas a *A. cearenses*. Vestígios de queimadas, extração de madeira e/ou pastoreio também foram identificados em todos os fragmentos visitados em campo.

Cinquenta e dois por cento das espécies de mamíferos não voadores listadas para a região foram confirmadas durante a III Expedição. Um fato digno de nota envolvendo pássaros foi observado na cidade de Piaçabuçu. Flagramos um grupo de homens atraindo pássaros com aves em gaiolas e realizando a captura dos pássaros livres com uso de rede de espera, similar a rede de neblina utilizada em levantamentos científicos. Em pleno dia, à beira da estrada. A prática não era de conhecimento da nossa equipe e destaca-se por capturar qualquer espécie que passe pelo local, mesmo que não seja atraída pela ave na gaiola. Outro conflito velado, que observamos entre população e fauna, foi o representado pelos pescadores e as lontras da região do BSF. De acordo com relatos de pescadores, as lontras abrem os covos de pesca para comerem os camarões capturados, com grande habilidade, trazendo prejuízos aos trabalhadores. Além disso, em vários locais visitados confirmamos que os trabalhadores e moradores das áreas rurais caçam roedores e outros vertebrados silvestres, para consumo da família. A busca de evidências científicas da presença da espécie endêmica de primata *S. xanthosternos* na região e um diagnóstico da importância da fauna silvestre para segurança alimentar das populações ribeirinhas na região do BSF serão desdobramentos naturais desta iniciativa de pesquisa sobre a fauna na região. Os temas citados serão objeto de questão específica a ser investigada nas comunidades, juntamente com a equipe de estudos sócio-econômicos em edições futuras da Expedição.

## **RECOMENDAÇÕES**

A escassez de vegetação nativa na faixa de proteção do rio, reforçada pela fragmentação da vegetação remanescente, desponta como um cenário alarmante com vistas à manutenção da biodiversidade, qualidade da água e vitalidade do Rio São Francisco, bem como da qualidade de vida da população ribeirinha.

Nesse sentido, recomendamos o monitoramento contínuo das áreas ciliares, além de ações para recuperação ambiental de áreas ciliares do BSF e seus tributários, com participação de proprietários rurais, poder público e sociedade civil organizada.

Recomenda-se, ainda, a ampliação das análises com fins de diagnóstico e planejamento ambiental, em nível de bacia, sub-bacia e microbacia nas futuras expedições. Estudos com enfoque em análise integrada da paisagem e avaliação das fragilidades potencial e emergente poderão determinar áreas prioritárias para a recuperação ambiental.

A ausência de ações para deter os impactos negativos nas áreas ciliares poderá ocasionar danos irreversíveis ao sistema hídrico ambiental.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLEN, S.E. 2002. Analysis of vegetation and other organic materials. In Chemical analysis of ecological materials. Eds. Allen., S.E. Vlackwell Scientific Publications, Oxford. p. 46-61.

Almeida, C. L., Carvalho, T. R. A., Araújo, J. C. (2019). Leaf area index of Caatinga biome and its relationship with hydrological and spectral variables. *Agricultural and Forest Meteorology*. 279, 107705. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107705>

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., DE MORAES GONÇALVES, J.L., SPAROVEK, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANA. Boletim de Acompanhamento da Bacia do Rio São Francisco, 2021. 8p.

BORATTO, I.M.P e GOMIDE, R.L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI, e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região norte de Minas Gerais. – Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, 2013.

BORGES, C. K., DOS SANTOS, C. A., CARNEIRO, R. G., DA SILVA, L. L., DE OLIVEIRA, G., MARIANO, D., ... & MEDEIROS, S. D. S. (2020). Seasonal variation of surface radiation and energy balances over two contrasting areas of the seasonally dry tropical forest (Caatinga) in the Brazilian semi-arid. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08484-y>

BRASIL. 2012. a. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de

dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 28 maio 2012.

CAVALCANTI, L.C.Z. Geossistemas no Estado de Alagoas: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia. Recife, 2010

CHUVIECO, E. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid: Rialp, 1990. 451p.

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. B., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., SILVA JUNIOR, C. A. (2019). Impact of urban decadal advance on land use and land cover and surface temperature in the city of Maceió, Brazil. *Land Use Policy*, 87, 104026. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104026>

CORREIA FILHO, W. L. F., SANTIAGO, D. B., OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F., SILVA JUNIOR, C. A. (2019). Impact of urban decadal advance on land use and land cover and surface temperature in the city of Maceió, Brazil. *Land Use Policy*, 87, 104026. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104026>

DA SILVA, U.J. JUNIOR, GONÇALVES, R.M., MACIEL DE OLIVEIRA, L.M, DA SILVA, J.A. JUNIOR. Sensibilidade Espectral dos Índices de Vegetação: GNDVI, NDVI e EVI na Mata Ciliar do Reservatório de Serrinha II – PE, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, vol. 73, n. 1, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv73n1-55252>

DE JESUS, J.B., KUPLICH, T.M., DE CARVALHO BARRETO, Í.D., DA ROSA, C.N., HILLEBRAND, F.L. (2021). Temporal and phenological profiles of open and dense Caatinga using remote sensing: response to precipitation and its irregularities *Journal of Forestry Research*, 32 (3), pp. 1067-1076. doi: 10.1007/s11676-020-01145-3

DE LACERDA, A.V., BARBOSA, F.M. Riparian Vegetation Structure in a Conservation Unit in the Semi-Arid Region of Paraíba, Brazil. *Floresta e Ambiente* 2020; 27(2): e20180240. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.024018>

ESCADAFAL, R. REMOTE SENSING OF DRYLANDS: when soils come into the Picture. *Ciência & Trópico*. Recife, v. 41, n. 2, p. 33-50, 2017.

ESCADAFAL, R.; HUETE, A. Improvement in remote sensing of low vegetation cover in arid regions by correcting vegetation indices for soil “noise”. *Comptes Rendus de l’*, v. 312, n. 11, p. 1385-1391, 1991.

FAHRIG, L. [Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity](https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 2003 34:1, 487-515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FERREIRA, T. R., SILVA, B. B., MOURA, M. S., VERHOEF, A., & NÓBREGA, R. L. B. (2020). The use of remote sensing for reliable estimation of net radiation and its components: a case study for contrasting land covers in an agricultural hotspot of the Brazilian semiarid region. *Agricultural and Forest Meteorology*, 291, 108052. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108052>

GITELSON, A.A.; VIÑA, A.; ARKEBAUER, T.J. et al. Remoteestimation of leaf area index and green leaf biomass in maizecanopies. *Geophysical Research Letters*, v.30, n.5, p.52 (1-4), 2003.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. 3ª ed. Editora RiMa. São Carlos – SP, 2006. 529 p.

- LENG, X., FENG, X., & FU, B. (2020). Driving forces of agricultural expansion and land degradation indicated by Vegetation Continuous Fields (VCF) data in drylands from 2000 to 2015. *Global Ecology and Conservation*, e01087. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01087>
- LUZ, S.C.S., EL-DEIR, A.C.A., FRANÇA, E.J., SEVERI, W. Fish assemblage structure in a marginal lake disconnected from the submedium São Francisco River, Pernambuco. *Biota Neotrop.*, 2009, 9(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n3/en/abstract?article+bn01809032009>.
- MAPBIOMAS BRASIL (2020). Plataforma de Mapas e Dados. Available at: <<http://plataforma.mapbiomas.org/map>>. Accessed: 30 October 2020.
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Alvala, R.C.S., Cunha, A.P., Brito, S., Moraes, O.L.L. (2018). Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 1973–1985. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>
- PEÑUELAS, J.; INOUE, Y. 2000: Reflectance assessment of canopy CO<sub>2</sub> uptake. *International Journal of Remote Sensing* 21: 3353–3356.
- PINHEIRO, E.A.R., METSELAAR, K., VAN LIER, Q.J., DE ARAÚJO, J.C. (2016). Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. *Ecohydrology*, 9, 1313-1327. <https://doi.org/10.1002/eco.1728>.
- PLANET TEAM (2017). Interface do programa de aplicação Planet: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São Jose dos Campos: Parêntese, 2010. 127 p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Ed. Parênteses, 2010.
- SALAZAR, A.A.; ARELLANO, E.C.; MUÑOZ-SÁEZ, A.; MIRANDA, M.D.; OLIVEIRA DA SILVA, F.; ZIELONKA, N.B.; CROWTHER, L.P.; SILVA-FERREIRA, V.; OLIVEIRA-REBOUCAS, P.; DICKS, L.V. Restoration and Conservation of Priority Areas of Caatinga's Semi-Arid Forest Remnants Can Support Connectivity within na Agricultural Landscape. *Land* 2021, 10, 550. <https://doi.org/10.3390/land10060550>
- SANTOS, A. DOS, OLIVEIRA LOPES, P.M., SILVA, M.V. DA MANIÇOBA, DA ROSA FERRAZ JARDIM, A., BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA, G., SIQUEIRA TAVARES FERNANDES, G., OLIVEIRA SILVA, D.A. DE, BEZERRA DA SILVA, J.L., DE MORAES RODRIGUES, J.A., ARAÚJO SILVA, E., OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F. DE, 2020. Causes and consequences of seasonal changes in the water flow of the São Francisco river in the semiarid of Brazil. *Environ. Sustain. Indic.* 8, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100084>
- SILVEIRA, H. L. F., GALVÃO, L. S., SANCHES, I. D. A., DE SÁ, I. B., & TAURA, T. A. (2018). Use of MSI/Sentinel-2 and airborne LiDAR data for mapping vegetation and studying the relationships with soil attributes in the Brazilian semi-arid region. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 179-190. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.06.016>

# 2

## Variáveis meteorológicas e temperatura da água do rio na 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco

Ricardo Araujo Ferreira Junior<sup>1</sup>, Wesley da Silva Neves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia de Energia, Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

### RESUMO

As variáveis meteorológicas são fundamentais em várias áreas de interesse da sociedade, por exemplo na determinação de potenciais uso de energia renováveis (solar e eólica) e na estimativa da evapotranspiração de cultivos que é uma informação primordial para uma irrigação com o uso racional da água. A radiação solar é a variável meteorológica que apresenta maior importância em termo de energia e processos aquáticos, sendo a responsável pela distribuição de calor na massa de água, participando também dos processos de evaporação e no processo de estratificação térmica. A temperatura da água é uma variável importante no controle ambiental, sendo uma resposta das condições do meio. Assim, este trabalho teve por objetivo monitorar e analisar as variáveis meteorológicas e a temperatura da água do Baixo São Francisco, durante a Expedição Científica. As observações foram realizadas com sensores automáticos de qualidade científica comprovada que estavam conectados a um sistema de aquisição de dados e tiveram resultados consistentes, porém recomenda-se aquisições de estações meteorológicas para monitoramentos contínuos nas cidades e povoados situados no Baixo.

**Palavras-chave:** dados meteorológicos, Rio São Francisco, recurso naturais.

### INTRODUÇÃO

Os processos naturais (biológicos, químicos, físicos e até sociais) que acontecem em um ambiente, geralmente, são dependentes ou influenciados por pelo menos um elemento meteorológico. Assim, a mensuração de variáveis meteorológicas de uma localidade é sempre importante, sendo cada vez mais comum o monitoramento contínuo em várias localidades do Mundo. Entre essas variáveis, a radiação solar que incide na superfície tem um destaque, pois, ela é a *input* de energia nos diversos ambientes e garante as condições necessárias para a produção primária em um ambiente, ou seja, a produção de biomassa a partir de componentes inorgânicos (Woodward and Sheehy, 1983). A radiação solar, também, tem papel econômico no setor energético, sendo cada vez mais explorada tanto na forma passiva (aproveitamento para iluminação natural) quanto ativa

(aquecimento e eletricidade), vale lembrar que a radiação solar é uma fonte de energia limpa e renovável. Existem evidências que a iluminação natural tem efeito sobre o comportamento humano, regulando o ciclo biológico, na produção de vitamina D, no ritmo cardíaco e circulatório.

Vale salientar, que a região do Baixo São Francisco predomina um clima semiárido, na qual o manejo de água via irrigação é fundamental para a produção vegetal, que está associada à segurança alimentar e geração de renda dos agricultores rurais (PBMC, 2012). Nesse cenário, o monitoramento das variáveis atmosféricas tem aplicação prática na determinação da quantidade de água necessária para os cultivos, otimizando, assim, o uso desse recurso.

Nesse contexto, as medidas da radiação solar global (total) e outras variáveis meteorológicas são fundamentais em várias áreas de interesse da sociedade, tais como: caracterização ambiental, simulações de cenários climáticos futuros, demanda hídrica, evapotranspiração, planejamento de instalações para o aproveitamento da energia solar, modelos de crescimento e de produtividade de biomassa etc.

Em superfícies aquáticas, dentre os diversos elementos meteorológicos, a radiação solar também é o que apresenta maior importância, sendo a responsável pela distribuição de calor na massa de água, participando também dos processos de evaporação e no processo de estratificação térmica (Ferreira e Cunha, 2013). A temperatura da água é uma variável importante no controle ambiental, sendo uma resposta das condições do meio (Percebon et al., 2005). A variação da temperatura das águas de rios pode ter origem em processos naturais, como variações (diárias e sazonais) da temperatura do ar e da incidência da radiação solar e da redução (ou aumento) de vazão, ou processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes.

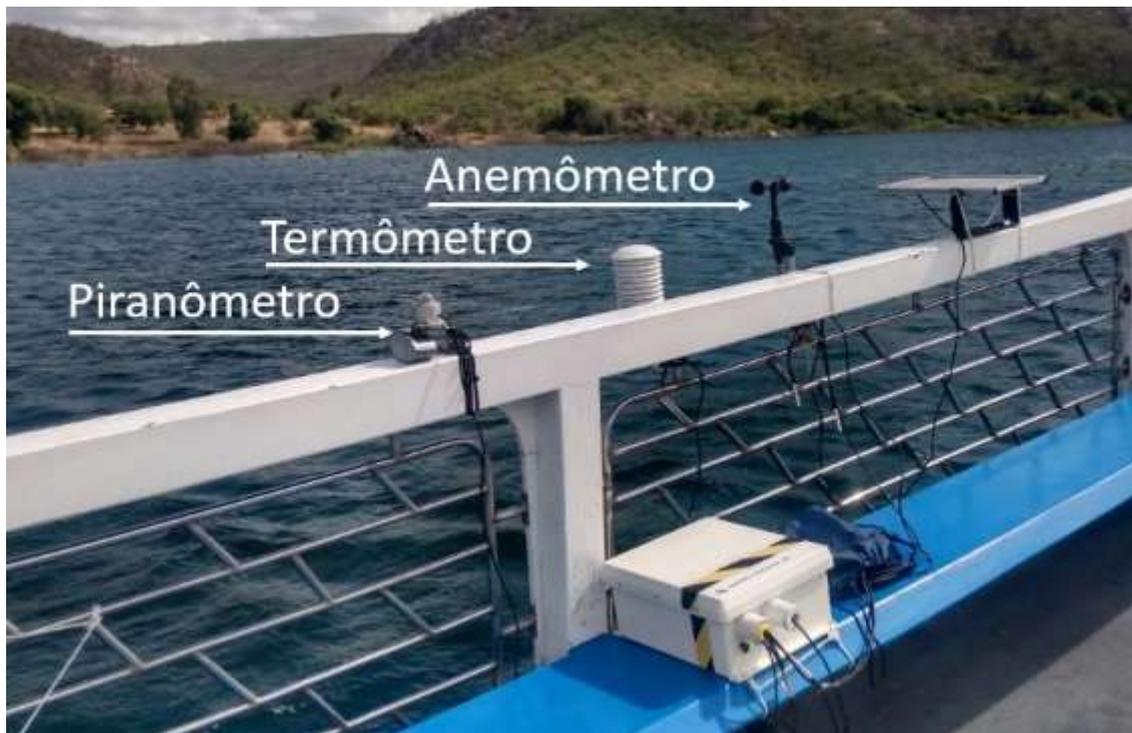
Assim, este trabalho teve por objetivo monitorar e analisar as variáveis meteorológicas e a temperatura da água do Baixo São Francisco, durante a Expedição Científica.

## **METODOLOGIA**

Na 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco foram observadas as variáveis meteorológicas: radiação solar, velocidade do vento e a temperatura do ar. Também foi monitorada a temperatura da água do rio. Todas as medidas supracitadas foram realizadas com sensores automáticos que estavam conectados a um sistema de aquisição de dados (*Datalogger CR1000, Campbell Scientific*) e programados para realizar medidas a cada

10 segundos e armazenadas médias a cada um (1) minuto (Figura 1). O sistema também foi contemplado por um conjunto de fornecimento energia elétrica, composto por uma bateria de 12 V e 7 Ah, um módulo fotovoltaico e um controlador de carga. As observações foram realizadas na embarcação Magnífica, essa foi escolhida por ter um porte mais alto.

Figura 1. Sistema de observação meteorológica instalado na 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

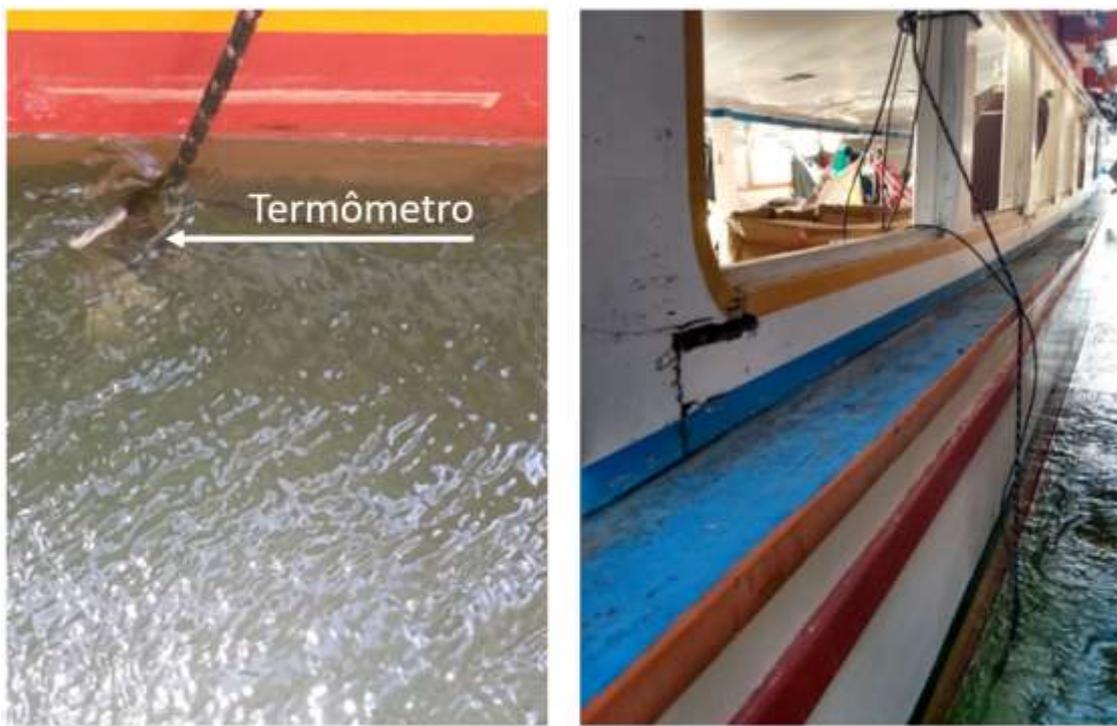


As observações da radiação solar foram realizadas através de um piranômetro (modelo CM3, Kipp & Zonen) (Figura 1), o qual foi previamente calibrado por um piranômetro de segunda classe especificado pelo ISO 9060 (modelo CMP 21, Kipp & Zonen). As medidas de irradiância solar global (Watt por metro quadrado –  $W m^{-2}$  ou  $J s^{-1} m^{-2}$ ), com médias de um em um minuto, foram integradas a cada hora (irradiação solar global horária e diária (Hg, Watt-hora por metro quadrado –  $Wh m^{-2}$ ).

A temperatura do ar ( $T_a$ ) foi monitorada por um termômetro (Probe 107, *Campbell Scientific*) (Figura 1) instalado no abrigo apropriado para o sensor ser protegido da incidência de radiação solar. A velocidade do vento foi mensurada por um anemômetro do tipo de conchas, também instalado no piso superior do barco, conforme é visualizado na Figura 1.

A temperatura da água do rio foi monitorada através de um termômetro (Probe 107, *Campbell Scientific*), no qual ficava próximo a superfície da água (completamente submerso). Vale ressaltar que os sensores de temperatura utilizados são robustos e precisos, com a capacidade de medir a temperatura do ar, do solo ou da água de -35 a + 50 °C com um erro menor ou igual a 0,01 °C (Campbell Scientific, 2020). As medições de temperatura do rio só eram realizadas quando a embarcação estava atracada. Na Figura 2 é possível visualizar o sensor na água do rio.

Figura 2. Monitoramento da temperatura da água do Rio na 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações obtidas, durante o período da expedição científica, resultaram em índices satisfatórios em relação a radiação solar. As irradiância solar global apresentaram valores extremos  $1412,67 \text{ W m}^{-2}$  (máximo), que ocorreu no sexto dia na região de Penedo/AL, e  $17,50 \text{ W m}^{-2}$  (mínimo) ao final do nono dia, tendo a média do período de  $609,82 \text{ W m}^{-2}$  (Tabela 1). Os gráficos, apresentados nas Figura 3, demonstram a variação da irradiância solar global horária no período de nove dias da Expedição. No terceiro dia foi observado índices menores de irradiância solar ao longo do dia, este fato se deve a causas relacionadas a nebulosidade. O sétimo dia e o nono dia da expedição

apresentaram melhores desempenho com relação as médias obtidas, sendo crucial para uma boa incidência fatores meteorológicos favoráveis como ausência ou pouca nebulosidade.

Tabela 1. Irradiância solar global na região do baixo São Francisco durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

<b>DADOS</b>	<b>Média (W m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Máximo (W m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Mínimo (W m<sup>-2</sup>)</b>
<b>01/12/2020</b>	605,59	1306,83	40,05
<b>02/12/2020</b>	627,58	1264,20	26,68
<b>03/12/2020</b>	546,53	1320,79	22,93
<b>04/12/2020</b>	594,03	1350,93	19,99
<b>05/12/2020</b>	612,18	1224,51	45,05
<b>06/12/2020</b>	618,26	1412,67	27,56
<b>07/12/2020</b>	626,31	1212,01	27,56
<b>08/12/2020</b>	612,42	1261,99	47,55
<b>09/12/2020</b>	645,50	1182,61	17,49
Média	609,82	1281,84	30,54

Nas Figuras 4 e 5 estão apresentados os resultados, médios de cada 10 minutos, da velocidade do vento (m s<sup>-1</sup>) e da temperatura do ar (°C) durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco. Os valores da velocidade do vento medidos na expedição quando a embarcação está em movimento é uma resultante da velocidade da embarcação e a do vento, nesse caso, não são exatos. Mas continua a tendencia das expedições anterior de calmaria durante parte do período noturno e maiores velocidades nas horas mais aquecidas do dia (Figura 4).

Em relação a temperatura do ar, os valores máximos diários tiveram uma tendencias de diminuição ao longo da expedição (Figura 5), uma vez que o clima vai se tornando-se úmido com a proximidade do oceano. O valor extremo superior, durante esse período, foi de 34,8 °C e ocorreu no dia 01/12/2020 em Piranhas, o extremo inferior também ocorreu em Piranhas com um valor de 23,0 °C. A temperatura média dos valores observados foi de 27,8 °C.

Figura 3. Irradiação solar global horária durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

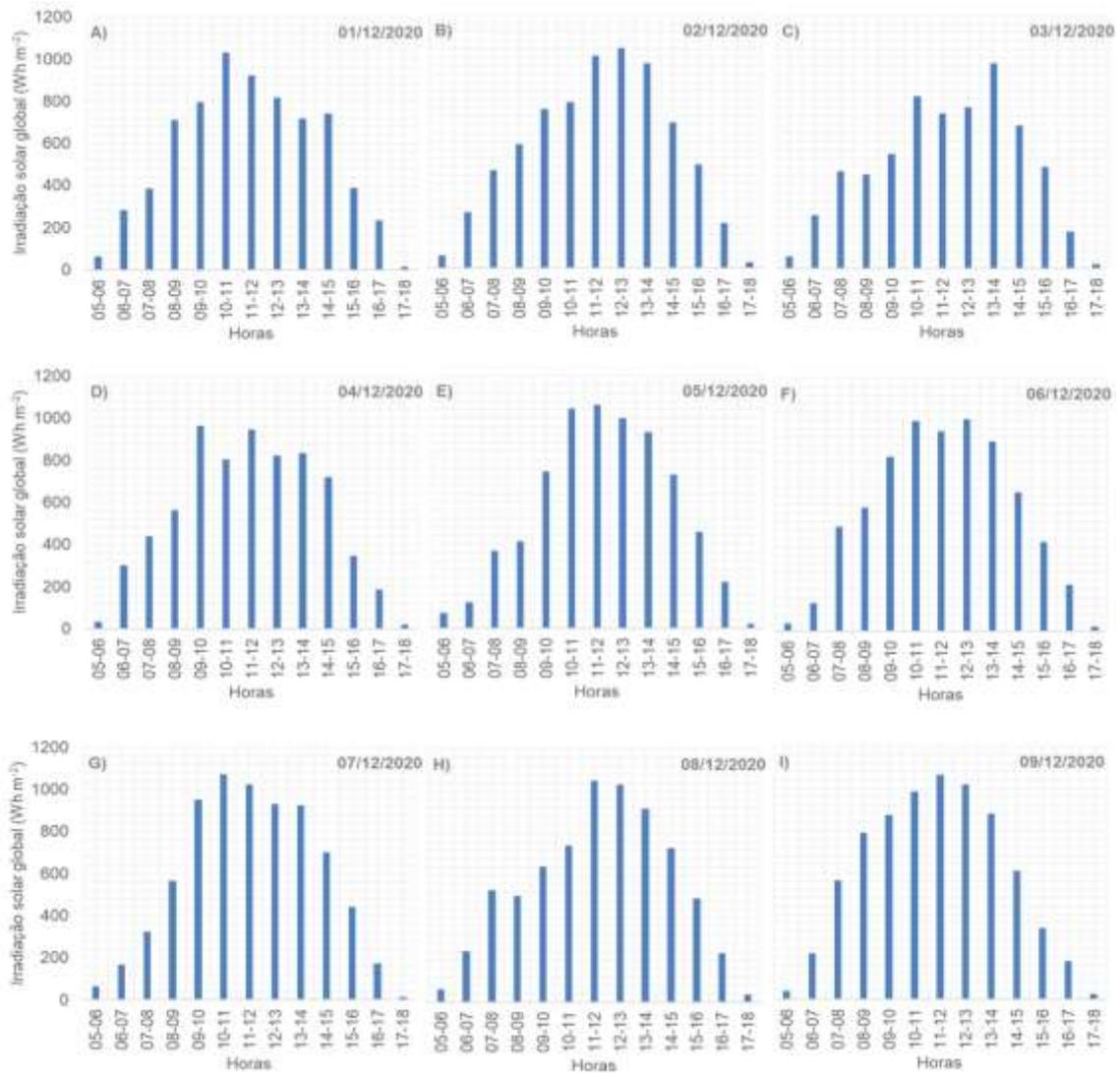


Figura 4. Velocidade do vento, média a cada 10 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.

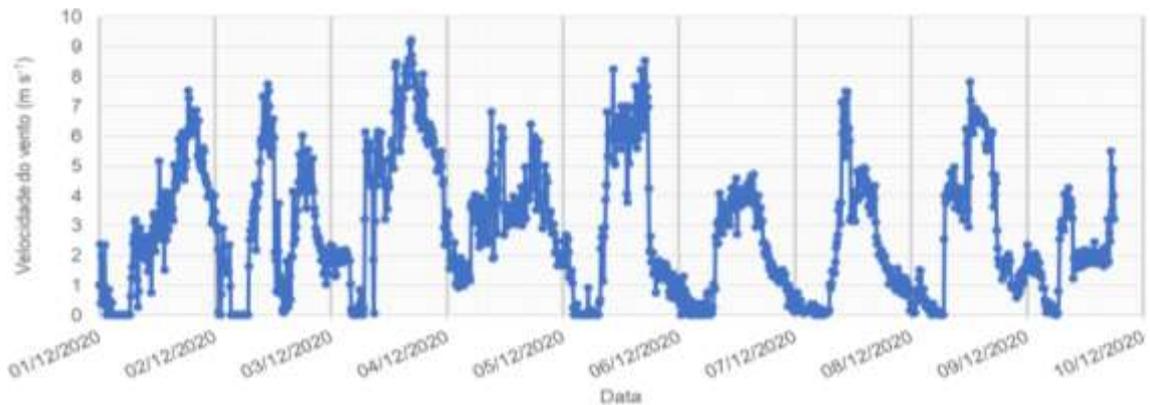
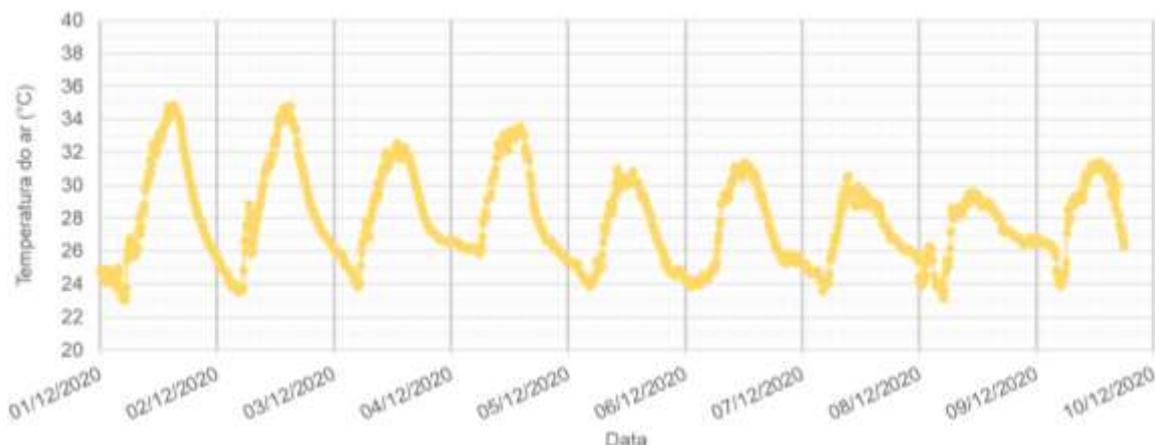


Figura 5. Temperatura do ar (°C), média a cada 10 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco.



Nas Figuras 6, 7, 8 e 9 têm-se os resultados do monitoramento da temperatura da água superficial do rio e da temperatura do ar nos momentos que a embarcação estava parada durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco. Nesses resultados, observa-se que a temperatura da água do rio teve pequena variação quando comparada com a temperatura do ar, sabe-se que isso é devido a propriedade da água (alto calor específico) que precisa perder (ou ganhar) relativamente mais energia para diminuir (ou aumentar) sua temperatura.

A temperatura da água máxima na superfície do rio registrada ocorreu no município de Piaçabuçu - AL, com valor médio de 30 minutos igual à 28,8 °C, ocorrido entre as 16:00h e 16:30h do dia 07/12/2020. Também, pode-se observar que, entre os dias de monitoramento, em todos as localidades as temperaturas da água máxima do dia sempre apresentaram valores acima de 28 °C. Já os valores da temperatura mínima da água do rio em todos os dias de registros estiveram acima de 27 °C. Mostrando que, nessa época, tem uma pequena amplitude térmica da água superficial do rio. Assim, a água do rio, termicamente falando, mostrou-se um ambiente estável durante o período da Expedição, vale lembrar que grandes variações de temperatura afetam a solubilidade dos gases na água, influenciando assim a decomposição de matéria orgânica, com conseqüente efeito sobre a qualidade do líquido e sobre a vida de organismos aeróbios aquáticos.

Figura 6. Temperaturas (°C) do ar (A e C) e da água do rio (B e D), média a cada 30 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, nos municípios de Piranhas-AL (A e B) e Pão de açúcar-AL (C e D).

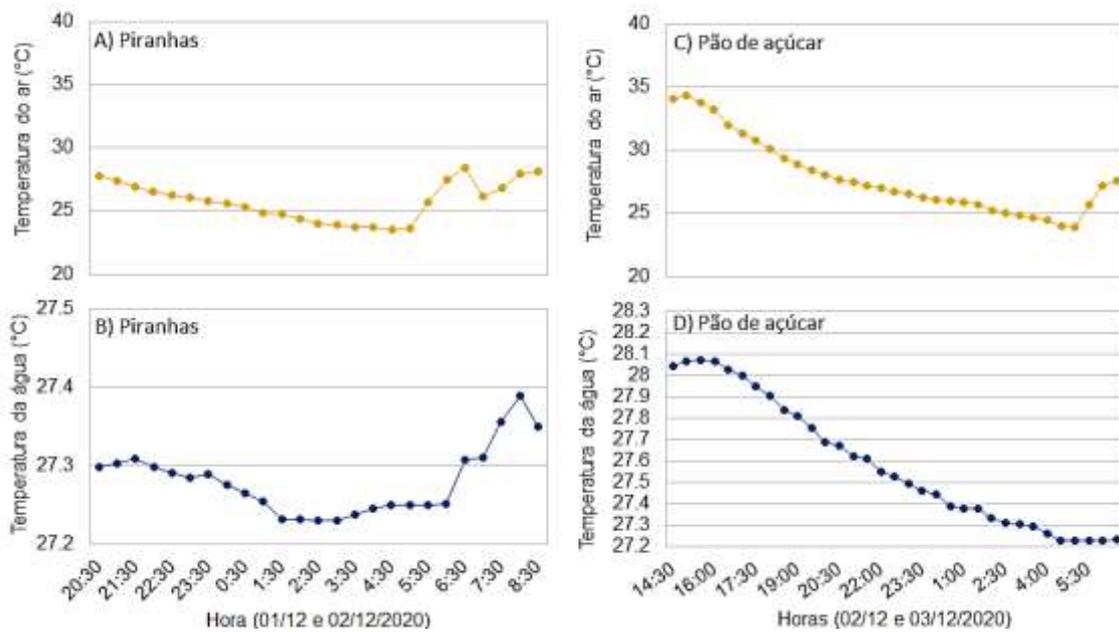


Figura 7. Temperaturas (°C) do ar (A e C) e da água do rio (B e D), média a cada 30 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, nos municípios de Traipu-AL (A e B) e Porto Real do Colégio-AL (C e D)

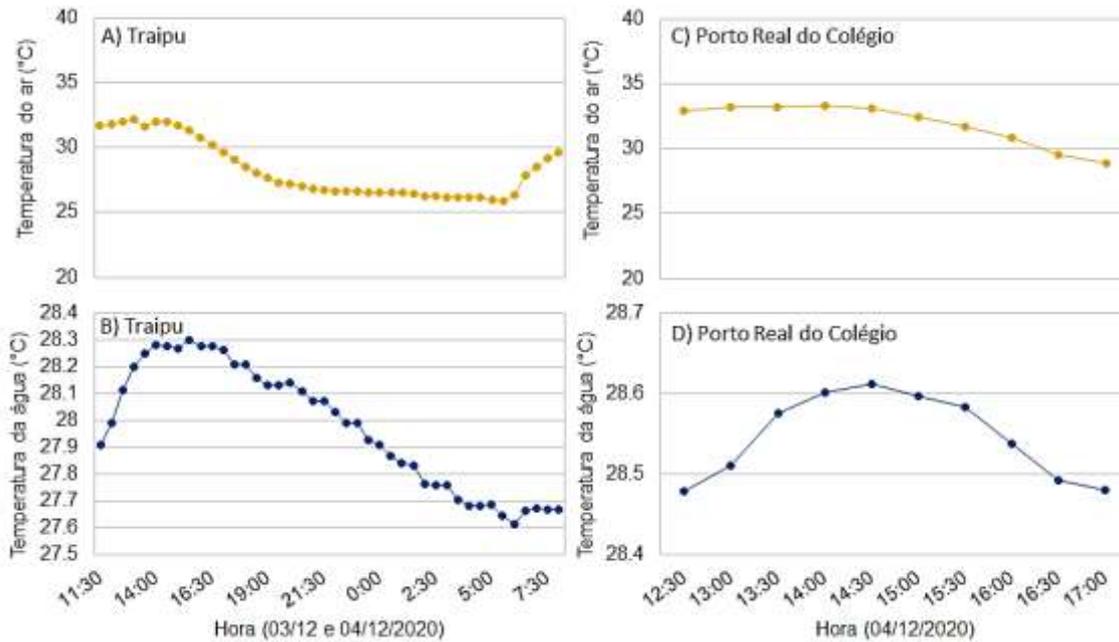


Figura 8. Temperaturas (°C) do ar (A e C) e da água do rio (B e D), média a cada 30 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, nos municípios de Propriá-SE (A e B) e Penedo-AL (C e D)

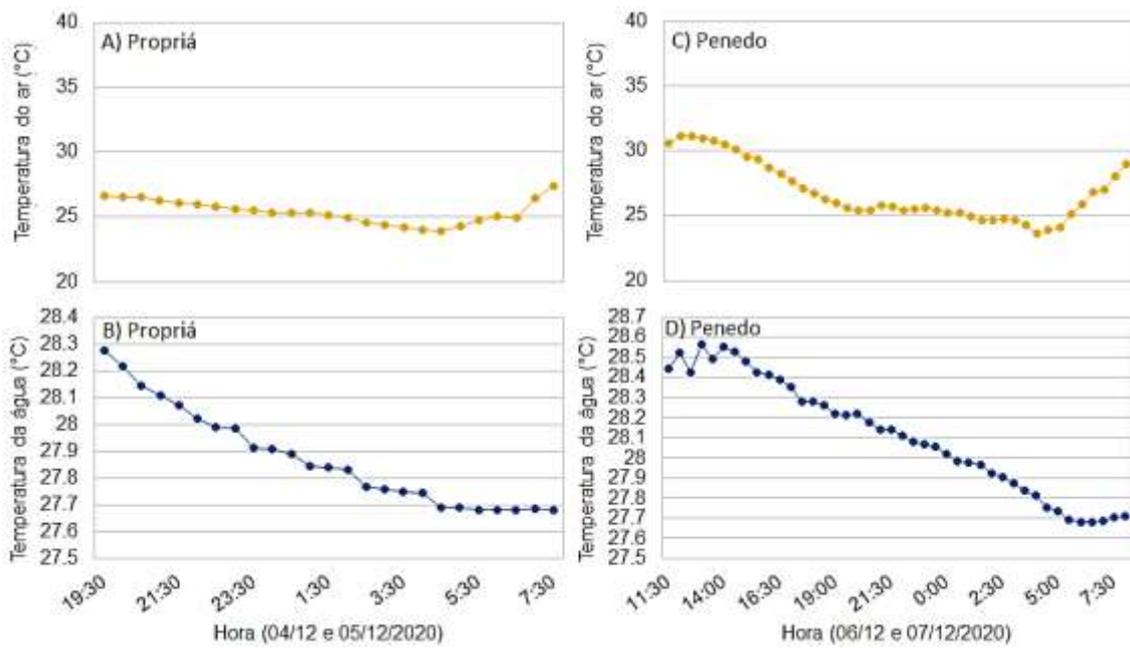
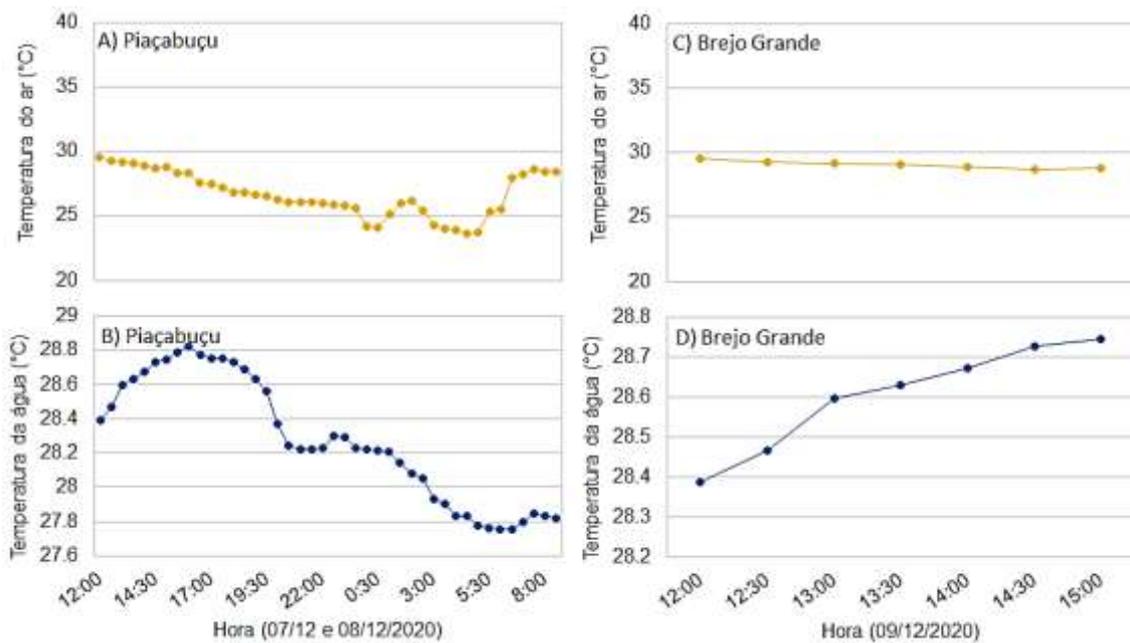


Figura 9. Temperaturas (°C) do ar (A e C) e da água do rio (B e D), média a cada 30 minutos, durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, nos municípios de Piaçabuçu-AL (A e B) e Brejo Grande-SE (C e D).



## **CONCLUSÃO**

Importantes observações físicas (atmosfera próxima ao rio e temperatura do rio) foram realizadas e podem ajudar no entendimento de pesquisas relacionadas as condições ambientais do Baixo do Rio São Francisco. Todavia, as medições apenas no período da Expedição não são suficientes para estudos e estimativas de índices ambientais que servem de subsídios para tomadas de decisões. Sendo assim, recomenda-se aquisições de estações meteorológicas para monitoramentos contínuos nas cidades e povoados situados no Baixo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), entre outras instituições que contribuíram para a aquisição dos equipamentos utilizados nesse projeto.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CAMPBELL SCIENTIFIC, Inc, 2020. Página inicial. Disponível em: <<https://www.campbellsci.com.br>>. Acesso em: 29 de mai. de 2020.

FERREIRA, D. M.; CUNHA, C. Simulação numérica do comportamento térmico do reservatório do Rio Verde. Eng. Sanit. Ambient., v.18, n.1, p.83-93, 2013.

PBMC. Sumário Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1o Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Brasil, Volume Especial para a Rio+20, 34p, 2012.

PERCEBON, C, M, BITTENCOURT, A, V, L, ROSA FILHO, E, F, Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, sc, Boletim Paranaense de Geociências, n, 56, p, 7-19, 2005, Editora UFPR.

WOODWARD F.I.; SHEEHY, J.E. Principles and Measurements in Environmental Biology. p. 274. 1983.

Lívia Maria Alves Lino Acioly de Carvalho<sup>1</sup>; Ester Milena dos Santos<sup>2</sup>; Nicolli Albuquerque de Carvalho<sup>3</sup>; Silvânio Silvério Lopes da Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piauí;

<sup>2</sup> Universidade Federal de Sergipe, Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental;

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental-Universidade Federal de Alagoas.

## INTRODUÇÃO

O rio São Francisco é um dos principais rios do Brasil por conta de sua riqueza econômica, social e cultural. Abrangendo a maior parte do semiárido nordestino, o rio conhecido como “Velho Chico” percorre seis estados: Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal, Pernambuco, Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2016).

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem como rio principal, o próprio São Francisco, e divide-se em quatro regiões fisiográficas (CBHSF, 2016).

1. **Alto São Francisco:** corresponde à área de 235.635 Km<sup>2</sup> entre 244 municípios nas unidades federativas de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal.
2. **Médio São Francisco:** corresponde à área de 266.972 Km<sup>2</sup> entre 92 municípios no Estado da Bahia.
3. **Submédio São Francisco:** corresponde à área de 110.446 Km<sup>2</sup> entre 92 municípios nos Estados Pernambuco, Bahia e Alagoas.
4. **Baixo São Francisco:** corresponde à área de 25.523 Km<sup>2</sup> entre 78 municípios nos Estados Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe.

Segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), dos 506 municípios que compõem a bacia, apenas um, Lagoa da Prata (MG), possui 100% do seu esgoto tratado. Particularmente, o Baixo São Francisco possui inúmeros problemas socioambientais, porém as questões relacionadas ao esgotamento sanitário são preocupantes, visto que os índices de coleta de esgoto são baixos nos estados de Alagoas e Sergipe de, respectivamente, 17,14% e 27,66% (BRASIL, 2020).

De modo geral, a qualidade da água é função das condições naturais e do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2014). Ao longo dos anos, as atividades antrópicas se intensificam dentro do limite da bacia, resultando em

desequilíbrios nos recursos ambientais. A intervenção desordenada do ser humano na natureza contribui para sua degradação e afeta a qualidade de vida dos que nele habitam.

Segundo relatório da ONU (UN-Water, 2018, p. 12), a qualidade da água está sendo reduzida ao longo dos anos, devido à poluição causada por agentes patógenos, matéria orgânica, nutrientes e salinidade. O impacto das águas superficiais por vários estressores antropogênicos ameaça o funcionamento, a integridade e os serviços dos ecossistemas e sua degradação provoca o interesse de compreender como o uso da terra em uma paisagem afeta a qualidade da água a jusante (MACK *et al*, 2019; GIRI; QIU; ZHANG, 2019).

Considerando que, em média, o esgoto é composto por 99,9% de água e 0,1% de sólidos, com cerca de 75% desses constituídos de matéria orgânica degradável (NUVOLARI, 2011), a depender das condições hídricas, do local de lançamento e da carga de aporte, o lançamento *in natura* pode afetar negativamente o corpo hídrico receptor.

Um exemplo é o rio São Francisco, um dos poucos rios perenes que atravessam a região nordeste que possui inúmeros usos associados como abastecimento humano, diluição de efluentes, abastecimento da agricultura irrigada, aquicultura, ecoturismo, navegação e aproveitamento hidroelétrico. São usos que ao mesmo tempo que requerem padrões específicos para as atividades também afetam a qualidade e a quantidade das águas do rio, influenciando na dinâmica dos ecossistemas dependentes deles. Apesar de ser um corpo d'água em um contexto relevante, as informações relacionadas a monitoramento ainda são precárias, principalmente na região do baixo (ZELLHUBER; SIQUEIRA, 2016).

De forma a contribuir com maior conhecimento sobre sua qualidade, a Expedição do Baixo São Francisco reúne pesquisadores de diversas áreas durante 10 dias que se dispõem a fazer um levantamento de dados ambientais quanto a área do baixo. Dentre os aspectos levantados, esse relatório visa identificar as fontes pontuais de poluição de modo a determinar sua distribuição ao longo do espaço e para apontar alguns impactos relacionados às cidades ribeiras.

## **METODOLOGIA**

O Baixo São Francisco é uma região fisiográfica da bacia hidrográfica do rio São Francisco com extensão de 265 km e área de 30.377 km<sup>2</sup>, que corresponde a 5% do total da bacia e abrange estados como Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (CODEVASF, 2002). Nessa região o rio perpassa o semiárido, onde predomina vegetação de caatinga,

até a zona da mata, constituída pelo bioma de mata atlântica que inclui vegetação de restinga e manguezais próximo à foz, onde deságua no Oceano Atlântico.

O objeto deste estudo envolve 08 municípios alagoanos, localizados às margens do Baixo São Francisco: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu.

O trabalho de campo ocorreu durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, sendo realizado de 30/11/2020 a 10/12/2020 com percurso ao longo desse rio, iniciando em Piranhas e encerrando em sua foz. A atividade consistiu em identificar fontes de poluição às margens dos municípios supracitados fazendo o percurso com uso de um barco. As fontes foram identificadas através de registro fotográfico e GPS. Após o levantamento em campo e pesquisa documental e bibliográfica foi possível elencar alguns impactos e relacioná-los com os Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs) de cada município, sugerindo medidas para a sua implantação. A partir do georreferenciamento em campo e informações documentais foi possível gerar produtos cartográficos no software livre QuantumGIS de forma a indicar municípios com problemas quanto ao saneamento básico.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Quanto à identificação de fontes de poluição foram feitos 88 registros. Muitas dessas fontes de poluição estão associadas aos locais de lançamento de esgotamento sanitário (Figura 1).

Reportou-se 02 pontos em Piranhas, 12 em Pão de Açúcar, 03 em Traipu, 09 em Porto Real do Colégio, 23 em Penedo e por fim, 39 na cidade de Piaçabuçu (Figura 2).

A presença dessas fontes de poluição muitas vezes associadas ao esgoto doméstico sem o devido tratamento pode ser prejudicial ao corpo hídrico receptor, impactando negativamente os demais usos próximos. Alguns dos parâmetros que podem indicar ou atestar degradação da qualidade dos corpos d'água são coloração, odor, eutrofização, comprometimento de balneabilidade, visual estético, proliferação de vetores, e comprometimento da fauna e flora (ROSSI *et al.*, 2012).

Os registros fotográficos apontaram uma preocupação quanto ao esgotamento sanitário e confrontados com os dados do diagnóstico do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento Básico (SNIS) evidenciam a necessidade de execução de obras de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, além de abastecimento de água tratada.

Figura 1. Alguns pontos registrados ao longo do Baixo São Francisco.



Nota-se que a maior parte dos municípios onde houve registros de possíveis pontos de lançamento possui plano de saneamento (Tabela 1). Apesar disso, a maioria não é contemplada com coleta ou tratamento de esgoto, além de apresentar baixos índices de atendimento de serviço de abastecimento de água. Investimentos em serviços de saneamento básico resultam em melhor qualidade de água, aumentando sua disponibilidade diante das previsões de escassez hídrica, bem como promovem saúde e, conseqüentemente, qualidade de vida aos moradores das localidades beneficiadas (FOLLADOR *et al.*, 2015).

Figura 2. Municípios alagoanos e possíveis pontos de lançamento de efluentes.

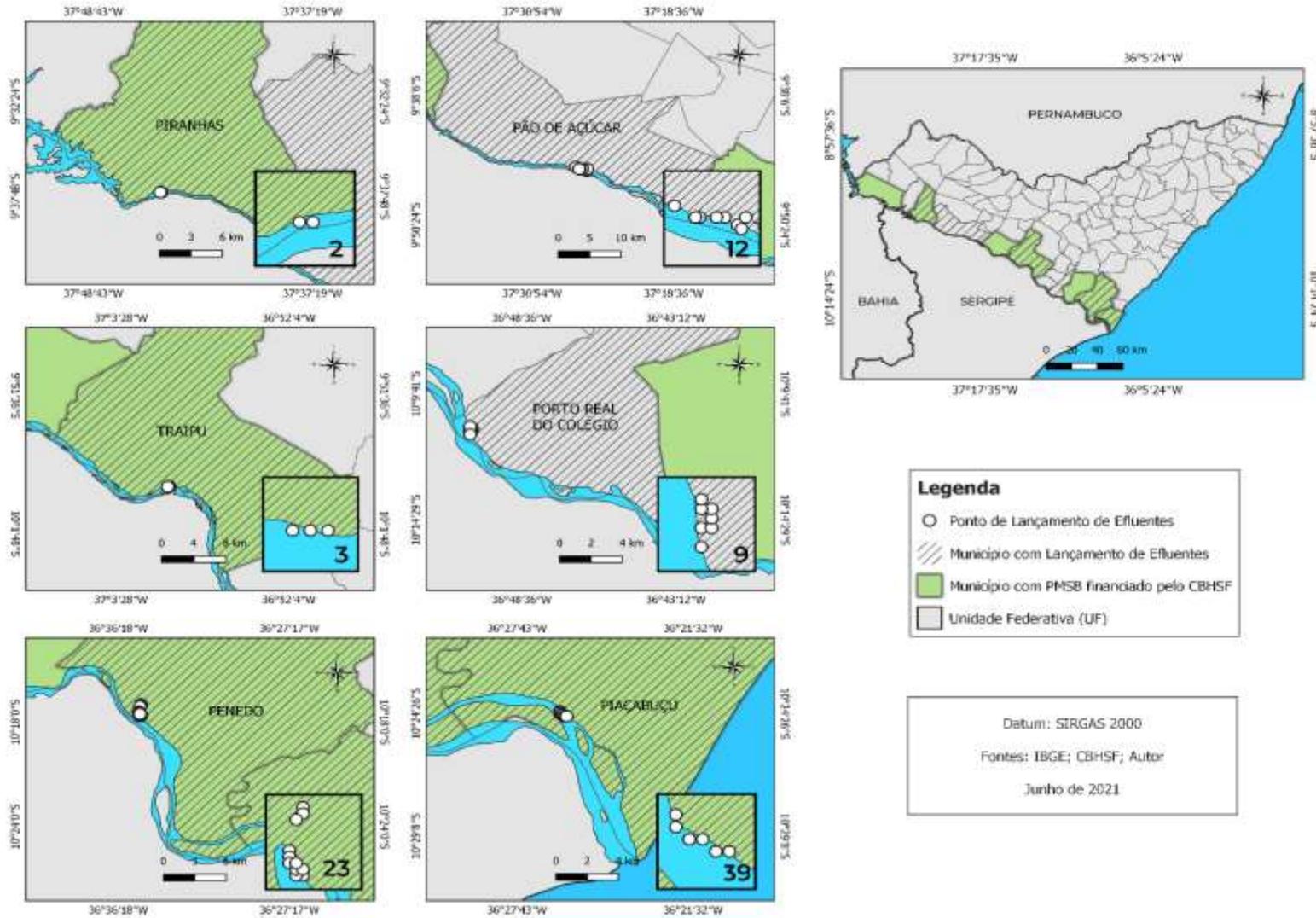


Tabela 1. Informações sobre alguns serviços de saneamento básico dos municípios do baixo São Francisco.

CIDADE	ÍNDICE DE COLETA DE ESGOTO SANITÁRIO 2019 (%) <sup>*</sup>	ÍNDICE DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO 2019 (%) <sup>*</sup>	ÍNDICE DE ATENDIM. TOTAL DE ÁGUA 2019 (%) <sup>*</sup>	PREST. DE SERVIÇO <sup>*</sup>	PMSB <sup>**</sup>
Piranhas	45,48	100	75,25	CASAL	Lei Municipal N° 293/2019
Pão de Açúcar	---	---	2,28	CASAL	Lei Municipal N° 541/2020
Traipu	---	---	27,03	CASAL	Elaborado não regulamentado
Porto Real do Colégio	---	---	---	---	Não encontrado
Igreja Nova	---	---	20,30	CASAL	Elaborado não regulamentado
Penedo	---	---	98	SAAE	Elaborado não regulamentado
Piaçabuçu	---	---	56,57	CASAL	Elaborado não regulamentado
Propriá (***)	---	---	98,70	DESO	Lei Municipal N° 824/2018
Brejo Grande (***)	---	---	83,04	DESO	Lei Municipal N° 149/2019

Siglas: Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO); Companhia de Abastecimento D'Água e Saneamento do Estado de Alagoas (CASAL); Serviço Autônomo de Água e Esgotamento (SAAE).

\*Fonte: Brasil (2020)

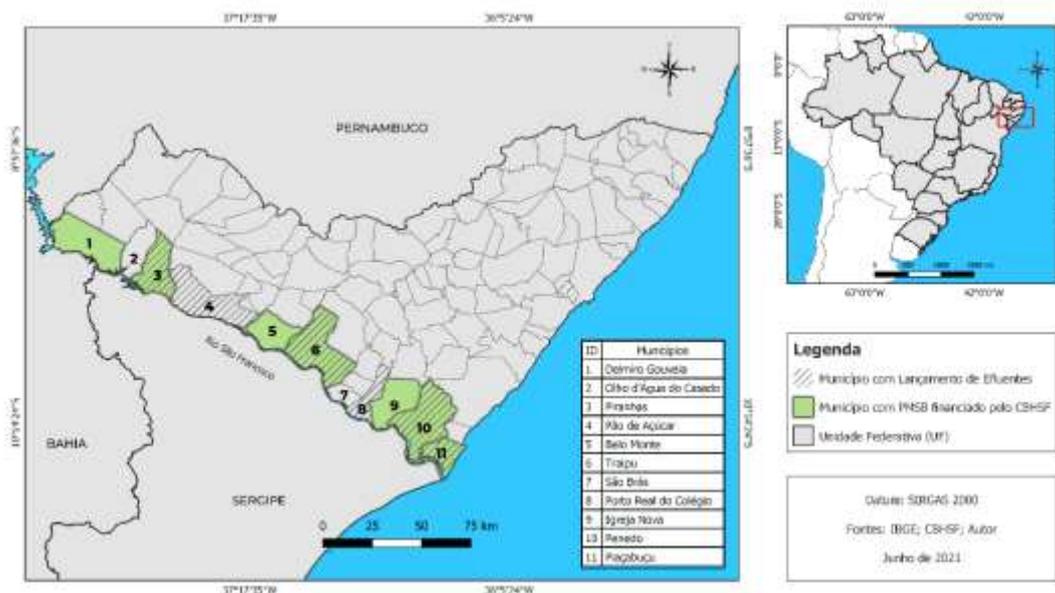
\*\*Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica do rio São Francisco e site das respectivas prefeituras.

\*\*\* Municípios sergipanos visitados durante a Expedição.

Os registros fotográficos também evidenciaram outros problemas de cunho socioambiental como a remoção e ocupação de área de mata ciliar, a vulnerabilidade de residências e da população que reside nas margens, a disposição incorreta de resíduos sólidos, entre outras questões. Diante do exposto destaca-se a necessidade de ações integradas para a região do baixo São Francisco.

Em face da necessidade de propiciar a saúde ambiental da bacia hidrográfica, fundamentada pelo cumprimento da lei federal 11.445/2007, que prevê a elaboração do PMSB, o CBHSF selecionou, mediante análise de condições ambientais, alguns municípios das 4 regiões fisiográficas da bacia, para financiar a elaboração de seus respectivos planos (CBHSF, 2021). Dos oito municípios de foco desse estudo, onde foi atestada a presença de possíveis fontes poluentes de lançamentos de efluentes, quatro possuem PMSB (Figura 3).

Figura 3. Municípios alagoanos que margeiam o rio São Francisco e sua situação quanto à existência de PMSB e possíveis pontos de lançamento.



Os Planos Municipais de Saneamento Básico são um dos principais instrumentos políticos para a gestão ambiental municipal, além de condição para validade de contratos de prestação de serviços e para acesso a recursos federais, segundo Pereira e Heller (2015) impõe desafios a sua implementação seja por recursos tecnológicos, humanos ou financeiros.

## CONCLUSÃO

O lançamento de efluentes em rios, se *in natura*, pode impactar negativamente a fauna e flora aquática, bem como os usos dos recursos hídricos, como abastecimento humano, recreação, dentre outros.

Evidencia-se por meio deste trabalho que, embora expedito, há a necessidade de um diagnóstico mais detalhado sobre o saneamento básico nos municípios inseridos na bacia do São Francisco. Através dos registros fotográficos, atestou-se a presença de possíveis lançamentos de efluentes *in natura*, sem a outorga de lançamento de efluentes junto a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

A Lei 11.445/2007 junto a Lei 14.026/2020 desafiam aos gestores públicos a efetivarem e implantarem metas e programas não só a melhorarem os indicadores dos serviços de saneamento básico, mas também aumentar a qualidade de vida da população beneficiada.

Sugere-se que na Expedição do São Francisco seja criada uma equipe específica para atuar nesse tema, com Plano de Trabalho definido para coleta e análise de amostras em campo e estudos com foco em relacionar essas informações ao que se é definido com metas não só nos Planos de Saneamento Básico, mas também os Instrumentos de Gestão de Bacia Hidrográfica. Como sugestão a equipe poderia ser composta pelos seguintes profissionais: Engenheiro(a) Sanitarista (01), Engenheiro(a) Químico/Químico (01), Analista de Geoprocessamento (01), Apoio Técnico (02), Representante da ANA/Fiscalização (01).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Brasília, DF, 2020.

CBHSF – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016- 2025. Belo Horizonte: CBHSF, 2016. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/plano-de-recursos-hidricos-2016-2025/>. Acesso em: 30 jun. 2021.

CODEVASF. **Mapeamento temático de uso da terra no Baixo São Francisco**. 2002. Disponível em: <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2019/06/Mapeamento-Tem%C3%A1tico-de-Uso-da-Terra-no-Baixo-SF.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB's)**. 2021. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/acoes-e-projetos-do-cbhsf/planos-municipais-de-saneamento-basico-pmsbs/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FOLLADOR, Karine *et al.* Saneamento básico: meio ambiente e saúde. **Revista UNINGÁ Review**, v. 23, n. 1, 2015.

GIRI, Subhasis; QIU, Zeyuan; ZHANG, Zhen. Assessing the impacts of land use on downstream water quality using a hydrologically sensitive area concept. **Journal of Environmental Management**, v. 213, 2018, p. 309-319. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez20.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0301479718301828>. Acesso em: 12 dez. 2019.

MACK, Leoni *et al.* The future depends on what we do today – Projecting Europe's surface water quality into three different future scenarios. **Science of The Total Environment**, v. 668, jun. 2019, p. 470-484. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez20.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0048969719307491>. Acesso em: 12 dez. 2019.

NUVOLARI, Ariovaldo. O Lançamento *in natura* e seus impactos. In: NUVOLARI, Ariovaldo (Coord.). **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. cap. 7, p. 189-214. ISBN 978-85-212-0568-5.

PEREIRA, Tatiana Santana Timóteo; HELLER, Léo. Planos municipais de saneamento básico: avaliação de 18 casos brasileiros. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 395-404, 2015.

ROSSI, Wilson *et al.* Fontes de poluição e o controle da degradação ambiental dos rios urbanos em Salvador. **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, v. 1, n. 1, 2012.

UN-Water (org.). **Executive Summary – SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation**. 2018. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/executive-summary-sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p. ISBN 978-85-423-0053-6.

ZELLHUBER, Andrea; SIQUEIRA, Ruben. Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. **Cadernos do CEAS: Revista crítica de humanidades**, n. 227, p. 3-24, 2016.

## 4

### Mapeamento do turismo coletivo no Baixo São Francisco

Tarita Schnitman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Graduada em Administração (2002). Mestre em Geografia e Estudos Ambientais – University of Haifa, Israel (2006). Doutorado Sanduíche – University of Melbourne, Australia (2013). Doutora em Ecologia Aplicada – ESALQ/USP (2014)*

## **RESUMO**

O rio São Francisco possui grandiosa relevância para vida dos ribeirinhos que dependem da sua saúde para colher frutos da irrigação, desenvolver suas atividades comerciais, se alimentar dos peixes que nele habitam e também para suas atividades de lazer. Esse rio vem demonstrando que sua capacidade de resiliência e regeneração estão sendo gravemente afetadas devido ao ser humano e sua necessidade contínua de explorar territórios e mover a máquina capitalista. Entretanto, este trabalho tem por objetivo mostrar que através do turismo coletivo algumas alternativas para essa situação podem ser estimuladas.

## **INTRODUÇÃO**

### ***Turismo no Baixo São Francisco***

As duas primeiras Expedições do Baixo São Francisco não contaram com pesquisa em turismo. Na terceira Expedição houve a oportunidade e foi escolhido mapear especificamente o turismo coletivo. Tendo como princípio básico que a universidade pública brasileira possui a função de transformação social e a busca de ferramentas e soluções para os problemas da sociedade, não foram poucos os motivos para tal escolha. Partindo da demanda de alternativas de renda por parte das populações locais. Também pesquisas analisadas, observações de campo em viagem anterior ao entendimento que a atividade turística pode utilizar a paisagem e as águas do rio São Francisco de forma menos predatória que outras diversas atividades econômicas. Além disso, o turismo no Baixo São Francisco pode trazer uma maior conscientização ambiental para moradores e visitantes sobre a importância da sobrevivência dos peixes e outros seres, a manutenção da qualidade hídrica e sustentação de vida dos ribeirinhos.

O turismo produz o desenvolvimento de relações sociais, econômicas e políticas complexas. Um mercado composto por mercadorias, serviços, bens materiais e culturais, natureza, todos intrinsecamente relacionados. Assim, envolvendo a atividade econômica de meios de hospedagem, restaurantes, bares, cafés, todo tipo de transporte e sua logística. Também apresentação artística, artesanato local, gastronomia regional, produtos de origem, colheitas de produtos, parques, feiras, festivais, atrativos naturais e culturais. Em 2011 a atividade turística contribuiu para a geração de 255 milhões de postos de trabalhos

ou 8,7% dos empregos do mundo (MTUR, 2012). Já em 2019, o turismo gerou 330 milhões de postos (WTTC, 2019). Nesse mesmo ano no Brasil, foram 6,9 milhões de empregos, ou seja, 7,5% do total de trabalhos gerados no país. Entre julho de 2018 a julho de 2019, de R\$ 136,7 bilhões foram gerados pela atividade turística no Brasil (MTUR, 2021). Em 2016, 10% do PIB do Estado de Alagoas adveio do turismo (IBGE, 2016). Essas informações servem para ilustrar a importância do turismo na economia global e brasileira. Em países como França, Estados Unidos e Espanha, a atividade turística é direcionada por políticas públicas.

O setor é fundamental para a economia, a preservação ambiental e a geração de postos de trabalho.

Em 1967, as Nações Unidas e o Banco Mundial promoveram o Ano Internacional do Turismo (CRICK, *apud* BRITO, 2005) com o objetivo de implementar a atividade turística nos países em desenvolvimento. Segundo Barreto (2003), na década de 1970, os organismos internacionais de desenvolvimento identificavam que o turismo estava destinado a salvar as economias que naquela época eram chamadas de Terceiro Mundo, e o Brasil era uma delas. Brito (2005) argumenta que, no Brasil, esses projetos acontecerem numa negociação entre Estado, ONU e Banco Mundial, sem os devidos estudos de impactos ambientais e sociais.

A atividade turística dependia dos recursos naturais desses países utilizando a propaganda: sol, praia e pessoas receptivas. As agências planejaram e financiaram projetos de infraestrutura, sistemas de comunicação, estradas, restauração do patrimônio histórico e construção de redes internacionais de hotéis. O plano era desenvolvimento econômico acelerado através da atividade turística. Em muitos casos este projeto contribuiu para a degradação ambiental e cultural das localidades aqui no Brasil, favorecendo ainda mais as desigualdades sociais no país.

Na atualidade, o turismo especulativo e massivo dos grandes capitais ocorre em diversas regiões do Brasil. Ele marginaliza de distintas formas a população local para alocação de infraestrutura turística. A especulação imobiliária destrói áreas que deveriam estar destinadas a proteção ambiental. Exemplos ocorrem em núcleos nordestinos como a praia de Porto de Galinhas – PE. Na Bahia Trancoso, Porto Seguro e Costa de Sauípe. No estado do Alagoas, por exemplo, trata-se de um mercado consolidado em roteiros sol e praia que envolve grupos articulados para garantir seus interesses. A iniciativa privada e grandes corporações também são proprietárias de empreendimentos de grande porte, meios de transporte, resorts, cadeias de hotéis e operadoras turísticas no país. Esse eixo do turismo é

em grande medida individualista e sem critérios em relação a vida das populações locais e a saúde dos ecossistemas. O turismo que domina todas as capitais do Brasil, cidades que são destinos turísticos e localidades remotas encontradas em diversos estados como por exemplo na Bahia e Amazonas.

Contudo, considera-se bastante importante que pesquisas em turismo realizadas por universidades tenham como preocupação o desenvolvimento social. O turismo coletivo proposto nesta pesquisa é uma alternativa aos interesses e especulações de empreendimentos individualistas. Trata-se aqui de experiências calcadas nas necessidades locais, de cunho social e na preservação ambiental. Sendo assim, o turismo coletivo um eixo orientado para a inclusão social e resistência. Como exemplo, esses são produtos produzidos e serviços realizados por pequenos empreendedores que envolvem associações e cooperativas. Também comunidades, grupos de bairro, vendedores de uma praça turística, feirantes e grupos de artesãos. Pressupõe-se que a população local seja financeiramente beneficiada pela prestação serviços e venda de produtos. Assim sendo, uma importante ferramenta para reduzir ou combater a pobreza.

O agroturismo no estado de Santa Catarina, por exemplo, se desenvolve integrado à gestão familiar da propriedade rural ativa, sendo uma perspectiva de complementação renda para quem vive no campo. Ele incentiva as cadeias produtivas locais através de arranjos produtivos em torno de doces caseiros, chocolate, queijos, vinhos, hortaliças, frutas. Os primeiros registros sobre a prática do Turismo de Base Comunitária (TBC) no Brasil surgiram em comunidades rurais.

Neste trabalho utiliza-se o termo turismo coletivo que é entendido como gestão participativa e formação de pequenos negócios locais. Os empreendimentos turísticos produzem sociedade. Os equipamentos típicos do eixo do turismo coletivo são as pousadas comunitárias, associações de artesãos, roteiros turísticos com visitação a variadas localidades, ateliers e feiras de artesanatos. Considera-se importante o fomento ao turismo no Brasil e políticas públicas direcionadas ao setor.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O mapeamento do turismo coletivo proposto neste relatório só foi possível de ser realizado diante da experiência prévia da pesquisadora que já havia visitado as cidades de Penedo, Piranhas, Propriá, Piaçabuçu e cidades emissoras de turismo como Aracaju e Maceió. A linha de pesquisa Turismo na III Expedição Científica do Baixo São Francisco possui três etapas. A primeira etapa envolveu a coleta de dados de alguns meses anteriores

a Expedição através de pesquisas na internet, ligações telefônicas e pesquisa bibliográfica. A região foi estudada, os pontos turísticos da região foram mapeados e também o turismo na região e as organizações coletivas ligadas à atividade turística existente.

A segunda etapa envolveu o trabalho de campo de algumas horas em cada localidade durante a Expedição (Tabela 1). Em Piaçabuçu e Penedo foram dois dias de trabalho de campo. A pesquisadora esteve realizando investigações na cidade de Piranhas de forma autônoma uma semana anterior a Expedição.

Tabela 1 - Cronograma de Pesquisa em Turismo na Expedição Científica de 2020, com as localidades pesquisadas.

<b>Localidades</b>	<b>Tempo de trabalho</b>
Penedo	2 dias de campo
Piranhas	1 dia de campo
Pão de Açúcar	1 tarde de campo
Traipú	1 tarde e 1 manhã
Piaçabuçu	2 dias de campo
Brejo Grande	1 dia de campo

O objetivo da pesquisa foi mapear o turismo coletivo no Baixo São Francisco. Os objetivos específicos seguem abaixo. Catalogar as organizações coletivas ligadas à atividade turística existentes nas cidades visitadas. Identificar serviços relacionados ao turismo oferecidos no centro da cidade ou núcleo turístico. Localizar o centro de informações turísticas. Dentro do curto espaço de tempo realizar conversas informais com moradores locais.

Observar a limpeza da cidade e pontos turísticos de cada localidade. Na terceira etapa da pesquisa houve cruzamento dos dados entre informações detectadas nas visitas de campo, observações, conversas informais com moradores locais e as quase inexistentes pesquisas governamentais sobre o fluxo turístico e perfil do turista das cidades contempladas na expedição. O trabalho reúne o mapeamento do turismo coletivo nas cidades citadas acima que fizeram parte da III Expedição do Baixo São Francisco.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Turismo coletivo***

O objeto desta pesquisa é o turismo coletivo. Passeio sem pernoite é classificado neste trabalho como excursionismo ou visitação, portanto, não é turismo. Também para a EMBRATUR (2012) – órgão governamental regulamentador do turismo no Brasil, o turismo: acontece em casos onde o deslocamento de pessoas ocorre por mais de 24 horas, incluindo o pernoite.

O excursionismo/visitação no Baixo São Francisco é de grande relevância e fonte geradora de emprego e renda. São serviços e produtos adquiridos pelo visitante de final de semana, feriado ou período de férias que movimentam de forma importante o comércio local. Nesta situação estão inclusos os muitos visitantes em Piaçabuçu, Penedo, Traipu, Pão de Açúcar e Entremontes que não pernoitam. São moradores da região que visitam as diversas cidades do Baixo São Francisco. Caso emblemático do passeio de final de semana, passeio de barco, churrasco, peixe frito, refeição gostosa e caprichada, um bom banho de rio e atividade de lazer. Os visitantes procuram experiências gastronômicas diversas e atividades de entretenimento no Rio São Francisco.

O comércio local é mobilizado, empregos diretos e indiretos transcorrem. A visitação/excursionismo usufrui da mão de obra e da infraestrutura da localidade, em ascensão na região. Atividades de lazer envolvendo o rio São Francisco e demandas por alimentação são muito importantes para as cidades de Traipú, Pão de Açúcar, Propriá e Brejo Grande. Muitas pessoas da região frequentam estas localidades em busca de experiências gastronômicas, relaxamento e contemplação da paisagem. Excursionismo e visitação são de extrema relevância para a economia local. Pesquisas futuras sobre o tema são fundamentais. As pesquisas são fonte importante para a gestão pública compreender a economia da região e elaborar planos de desenvolvimento e políticas públicas.

Cidades onde predominantemente ocorre excursionismo/visitação foram citadas acima. Essa distinção é imprescindível por proporcionar o melhor entendimento do objetivo da pesquisa, mapeamento do turismo coletivo. Abaixo segue a lista de cidades que possuem potencial para o turismo coletivo ou onde experiências existentes foram encontradas.

### **ILHA DO FERRO EM PÃO DE AÇÚCAR**

Possui grande potencial para o turismo coletivo. O artesanato de madeira é a principal atividade econômica desta localidade. O bordado de Boa Noite, trabalho único no Brasil, é manufaturado por mulheres. Este povoado muito bonito com pessoas receptivas e carismáticas. Dezenas de casas possuem artesanato. Diversos artesãos foram visitados. Entretanto, não foi detectada uma infraestrutura completa de alimentação, hospedagem e outros serviços da atividade turística na localidade.

## **PENEDO**

Cidade completa em infraestrutura turística. Única cidade pesquisada onde dados oficiais de turismo estão disponíveis. Pesquisas sobre turismo em Penedo também são de fácil acesso. Ao longo do trabalho de campo foram observados museus, bancos, igrejas, farmácias, supermercados, bares, restaurantes, ateliers de artistas, lojas de souvenirs, hospital, passeios, guias, pousadas, hotéis. A cidade de Penedo-AL é uma cidade portuária e sua história está atrelada a atividade comercial e à exploração do rio São Francisco.

Tombada como patrimônio histórico e artístico- cultural pelo IPHAN em 1995, agrega rico valor histórico e patrimônio arquitetônico. Uma herança da época em que o Rio São Francisco se apresentava como rota principal para os desbravadores europeus. A cidade prosperou até a segunda metade do século XX quando o transporte fluvial entrou em decadência com a construção de rodovias e ferrovias em Alagoas (DIÉGUES, 2006).

Também são encontrados diversos ateliers de artistas locais que trabalham com artesanato. O artesanato em madeira é bastante interessante e procurado por compradores brasileiros e estrangeiros. Em Penedo, o turista percorre caminhos históricos e desfruta da aquisição de novos saberes sobre arquitetura e história. Na sua orla, restaurantes e quiosques valorizam a paisagem do rio São Francisco. Em Penedo é possível comer bem, saborear os produtos locais e descansar em uma variedade de meios de hospedagem. Entretanto, o mercado onde o artesanato local é vendido de forma coletiva não estava aberto nos dias de atividade de campo e a pandemia impossibilitou entrevistas e conversas com lideranças e associações. A cidade possui uma feira centenária de relação intrínseca com o rio que apresenta alto potencial turístico.

## **PIRANHAS**

O turismo está consolidado nesta cidade. Muitos excursionistas e turistas foram observados na visita de campo. No centro histórico estão localizados distintos meios de

hospedagem, restaurantes, bares, sorveteria, foodtrucks, quiosques, o Museu do Cangaço, Igrejas, diversos pontos turísticos, museu do IPHAN, o mercado de artesanato. Na parte nova de Piranhas, observou-se bancos, meios de hospedagem e alimentação. Uma estrutura gastronômica complexa e espaços para apresentações culturais.

Cidade charmosa de grande relevância histórica. Possui tombamento pelo o IPHAN. Tem sua origem no século XVIII como pouso de viajantes que percorriam a região. Desde os tempos antigos já oferecia hospedagem aos viajantes. Em 1859 foi visitada pelo Imperador, onde hoje se encontra pontos turísticos que remetem ao período. A cidade ganhou visibilidade com a navegação a vapor pelo rio São Francisco e a Estrada de Ferro de Paulo Afonso que impulsionou a economia local até 1964. Uma relevância histórica também por ser alvo das estórias do Cangaço e a extermínio do grupo de Lampião, rei do Cangaço.

Piranhas possui beleza natural do lago da usina da hidrelétrica de Xingó, os cânions e a paisagem encantadora do rio São Francisco. São diversos atrativos turísticos nas margens do rio. O ponto de partida das navegações é a cidade de Piranhas. A cidade possui forte potencial turístico tanto para empreendedorismo individual quanto para o turismo coletivo. Destino turístico já consolidado, de grande beleza cênica e riqueza histórica (Figura 1).

Dados sobre o fluxo turístico e infraestrutura turística não foram fornecidos pelos órgãos públicos. Foram diversas as tentativas de obter essas informações. Cabe citar que 2020 foi ano de pandemia e também período eleitoral, situações que limitaram essa pesquisa em turismo de forma a impossibilitar reuniões com secretários de turismo. Em Entremontes, entretanto, houve uma reunião bastante produtiva com as bordadeiras da Associação de Bordadeiras de Entremontes. Esta iniciativa não estava vinculada a expedição.

Figura 1. Centro Histórico de Piranhas



O turismo coletivo de Piranhas é composto pela Associação de Bordadeiras de Entremontes (Figuras 2A e B). Trabalho extremamente relevante e interessante. Entremontes recebe turistas do Brasil e também do exterior. Seus moradores são bastante receptivos e carismáticos. Entretanto, não há infraestrutura turística em Entremontes. Tampouco não foi detectada valorização da Associação de Bordadeiras de Entremontes na cidade de Piranhas. Conversas informais com moradores de Entremontes e Piaçabuçu confirmam a citação.

Figura 2 - Placa (A) e Sede (B) da Associação de Bordados de Entremontes, em Piranhas, AL.



Atividades de esporte e pesca podem ser desenvolvidas no rio São Francisco. Planejamento, gestão e publicidade necessitam dos olhares atentos da gestão pública e políticas públicas voltadas para o turismo coletivo na região de Piranhas.

## **PIAÇABUÇU**

Piaçabuçu oferece pequena infraestrutura ao turista, ainda de forma incipiente. Informações de moradores locais apontam 3 pousadas em Piaçabuçu, 3 restaurantes em Piaçabuçu. A Associação de Informantes de Turismo possui 12 membros. Dados oficiais não foram localizados. O trabalho de campo detectou 3 pousadas, farmácias, associação de pescadores, lojas, orla de beleza única, hospital, 3 restaurantes, muitos lugares que servem comida caseira e prato feito, posto de combustível, 3 agências de turismo, diversas padarias.

O equipamento hoteleiro foi visitado durante o trabalho de campo. Os meios de hospedagem necessitam de cuidados, ampliação e reforma. Conversas informais foram realizadas com os feirantes localizados na foz do São Francisco, moradores de Piaçabuçu e pescadores. Durante a Expedição, dezembro de 2020, a cidade estava bastante suja e descuidada.

A preservação e atenção com a cidade de Piaçabuçu influenciam diretamente na proteção do rio São Francisco, suas matas ciliares, manguezais e seres que habitam uma zona ecologicamente importante do rio São Francisco. Áreas de pesca são fundamentais para a vida dos ribeirinhos. Dentro de tudo, a área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu foi criada de 1983 e protege as tartarugas marinhas e aves migratórias. São áreas alagadas, florestas de restinga e um mosaico de espécies vegetais e animais. Outra APA também está localizada em Piaçabuçu, a APA Marituba do Peixe, conhecida como Pantanal Alagoano. As duas possuem a função de manutenção dos ecossistemas e proteção ambiental.

Piaçabuçu agrega a Associação Aroeira e Cooperativa Ecoagroextrativista Aroeira. Também a cooperativa, COOPAIBA, que produz derivados do coco e emprega muitas pessoas do entorno. As duas cooperativas foram visitadas no trabalho de campo. Seus produtos são vendidos na sede da Associação Aroeira e na sede da COOPAIBA. As duas recebem visitantes e estão bem localizadas para atrair turistas.

Piaçabuçu possui grande potencial para o turismo. Sua localização está bem próxima a foz do rio São Francisco e passeios para a foz saem dos barcos de Piaçabuçu. A cidade localiza-se a 1 h 55 min (135,6 km) via AL-101 e 2 h 46 min (149,5 km) via

SE-335 e BR-101. A estrada conecta cidades do estado de Alagoas e também do estado de Sergipe. Esses são dois emissores turísticos em potencial.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### ***Turismo Coletivo e Desenvolvimento Social***

A Associação Aroeira foi fundada em 2011, produz produtos comestíveis diferenciados e regionais que valorizam a importância da preservação ambiental e social. As experiências de beneficiamento de frutas silvestres e produtos da agrobiodiversidade revelam o empoderamento das “Mulheres da Aroeira”. Em apenas 10 anos de criação, a Associação já acumula diferentes iniciativas e projetos que demonstram o comprometimento dessa organização popular na capacitação das associadas e na qualificação da unidade de beneficiamento. Uma frente de ação da Associação está na educação ambiental, capacitação em boas práticas de coleta e utilização dos recursos naturais e comprometimento com ações de reflorestamento e conservação das áreas naturais de produção extrativista. Seus projetos incluem Cozinhar com Ecosustentabilidade, em parceria Governo do Estado de Alagoas /Seades com recursos do Fecoep, e Mulheres: mães que alimentam em parceria com a COOPAIBA, COOPESCA e a Colônia de Pescadores Z19 de Piaçabuçu.

O Projeto Bosque Berçário das Águas, que será implantado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Agência Peixe Vivo. Os projetos da Aroeira incluem o fomento de tecnologias sociais e energias limpas à geração de renda através do manejo sustentável dos recursos naturais na região da foz do rio São Francisco. O projeto Ecocozinha capacitou 50 mulheres para o beneficiamento artesanal de frutas e alimentos da agrobiodiversidade da foz como pimenta rosa, cambuí, araçá do mato, gajiru, jenipapo, jamelão, ameixa amarela, mangaba, maçaranduba, tamarindo para produção de pães caseiros, doces, geléias, biscoitos artesanais, bolos caseiros, trufas gourmets.

Dentro desse escopo, carros de turistas e visitantes, ônibus de excursão podem comprar souvenirs comestíveis da região com facilidade. O mesmo acontece com a COOPAIBA que também está aberta a visitas programadas e está localizada a margem da estrada. As duas possuem grande potencial para receber turistas. Aroeira oferta alimentação baseada nos seus produtos e venda de souvenirs alimentícios. A COOPAIBA vende óleo de coco no local. Seria interessante roteiros turísticos de um, dois e três dias na região de Piaçabuçu. Um deles pode ser visita a COOPAIBA, passeio de barco até a

foz do rio São Francisco, almoço na foz, ao retornar visitar a Associação Aroeira. Este seria um tour bastante interessante.

Ou seja, Piaçabuçu agrega associação e cooperativas que se inserem na atividade turística como fornecedores de produtos alimentícios (bolos, geleias, doces, biscoitos, etc.) e produtos artesanais (Figura 3). As cooperativas podem fazer parte de um roteiro gastronômico e cultural. O turismo coletivo pode ser fonte de geração de renda para muitas famílias da região. A riqueza paisagística do entorno, pontos naturais como dunas e restinga, a história da cidade, a relação dos ribeirinhos com o rio, passeios por manguezais e a foz do rio São Francisco englobam uma experiência única.

Figura 3. Produtos alimentícios processados vendidos na Associação Aroeira, em Piaçabuçu, AL.



O relatório possui considerações sobre o turismo coletivo na região do Baixo São Francisco. Ocorrências de excursionismo e visitação foram citadas. Considera-se que as cidades onde ocorre turismo, fonte dessa pesquisa, o turismo coletivo foi encontrado em diversos níveis em Penedo, Piaçabuçu, Piranhas e Ilha do Ferro. Importante ressaltar que a preservação ambiental é condição básica, uma vez que a população do destino turístico depende diretamente da paisagem bem cuidada e da natureza preservada para manutenção da atividade turística. Os turistas procuram águas limpas e próprias para banho no Baixo São Francisco. As atividades turísticas envolvem o rio e a sua paisagem, as orlas das

cidades visitadas são cartões postais, de alto valor turístico. Ao pensar a atividade turística é importante lembrar-se da sua sobrevivência no tempo e a manutenção da cultura local.

O turismo quando bem planejado, favorece a economia local, preservação ambiental e a qualidade de vida das pessoas. Considera-se que há futuros trabalhos dentro do turismo coletivo em todas as cidades visitadas. A pesquisa em turismo coletivo por parte das universidades envolvidas é de alta relevância. Também há espaço para o empreendedorismo do turismo individualista em todas essas localidades. Entretanto, o turismo coletivo é o caminho para o desenvolvimento social, a diminuição das desigualdades e pobreza existentes na região. Este mapeamento abre caminho para pesquisas no turismo coletivo no Baixo São Francisco e futuras ações de extensão por parte das universidades participantes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARRETO, M. Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, v. 9, n. 20, p. 15-29, out.

BRITO, F. Os Ecos Contraditórios do Turismo na Chapada Diamantina. Salvador: 2005. p. 1- 416.

Conselho Mundial de Viagens e Turismo. WTTC <https://wttc.org/Research/Economic-Impact> ACESSADO: Janeiro de 2021 <https://www.gov.br/pt-br/noticias/viagens-e-turismo/2019/10/turismo-tem-faturamento-recorde-de-r-136-7-bilhoes-em-2019> - Acessado em Janeiro de 2021.

DIÉGUES, M. D., Jr. (2006). O Bangüê nas Alagoas: traços da influência do sistema econômico do engenho de açúcar na vida e na cultura regional. Maceió: Edufal.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2016). IBGE Cidades: Brasil/Alagoa/Penedo. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/penedo/panorama>

Ministério do Turismo. Governo Federal <https://www.gov.br/turismo>. Acessado em janeiro de 2021.

MOLINA, E.S. Turismo y ecologia. 4th ed. México: Trillas, 1998. p. 1-86. 2003.

Gilson Rambelli<sup>1</sup>, Leandro Domingues Duran<sup>1</sup>, Paulo Fernando Bava de Camargo<sup>1</sup>,  
Luis Felipe Freire Dantas Santos<sup>2</sup>, Ian Ribeiro Miranda Caires<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor Adjunto do Departamento de Arqueologia (DARQ) e do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia (PROARQ) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Coordenador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe (LAAA).

<sup>2</sup>Doutor em Arqueologia pela Universidade Federal de Sergipe, pesquisador do Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe – LAAA/UFS.

<sup>3</sup>Mestrando em Arqueologia pelo Programa de Pós-graduação em Arqueologia da Universidade Federal de Sergipe.

## RESUMO

O relatório objetiva apresentar os resultados da Visita Técnica a contextos arqueológicos de ambientes aquáticos do baixo rio São Francisco, previamente identificados. As ações ocorreram durante a 3ª Expedição Científica do Rio São Francisco, ocorrida no período de 01 a 09 de dezembro de 2020, ocasião em que também puderam ser localizados novos contextos arqueológicos potenciais. Adotou-se, para a pesquisa, metodologia não-interventiva para a avaliação do potencial arqueológico e a mensuração de impactos negativos infligidos ao Patrimônio Cultural Subaquático (PCS) da região. Localizado tanto em zona de interface terra/ água quanto no leito do rio, o PCS do Velho Chico, rio também chamado pelos povos originários de Opará, vem sendo estudado de acordo com as normas nacionais de viés conservativo e protetivo, bem como em consonância com as definições científicas internacionais determinadas pela Convenção da Unesco para Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático de 2001. Como resultado desse monitoramento ampliado, obtiveram-se dados que fundamentarão as etapas de pesquisa futuras, dados esses que permitem estabelecer prioridades de ação. Ademais, novos contextos arqueológicos potenciais foram localizados, os quais demandarão prospecções preliminares, a serem realizadas após a obtenção de permissão de pesquisa do órgão competente, durante nova etapa da Expedição.

## INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo apresentar os resultados das ações de análise do contexto arqueológico de ambientes aquáticos do baixo rio São Francisco, durante a 3ª Expedição Científica do Rio São Francisco, ocorrida no período de 01 a 09 de dezembro de 2020. Adotamos em nossa postura de pesquisa uma avaliação não-interventiva do potencial arqueológico e a mensuração de impactos negativos infligidos ao Patrimônio Cultural Subaquático (PCS) da região, localizado tanto em zona de interface terra/ água

quanto no leito do rio, tendo como base as definições internacionais determinadas na Convenção da Unesco para Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático de 2001.

Falar da Arqueologia do rio São Francisco é navegar em águas profundas e ainda pouco conhecidas, principalmente quando tratamos dos contextos localizados nas porções aquáticas, no entanto, pensar no patrimônio desse rio nos faz refletir sobre a própria história da Arqueologia brasileira, visto o denso histórico de pesquisas desenvolvidas na bacia hidrográfica nas últimas décadas. O patrimônio arqueológico da bacia hidrográfica do São Francisco acaba se cruzando em diferentes momentos com o desenvolvimento e institucionalização da Arqueologia brasileira, exemplo foram os trabalhos iniciados em 1976 pela Missão Franco-Brasileira no estado de Minas Gerais, (PROUS; JUNQUEIRA; MALTA, 1984). Devemos pontuar também as pesquisas arqueológicas promovidas pelos empreendimentos hidrelétricos da CHESF, que foram responsáveis pela realização de grandes salvamentos arqueológicos, durante a construção dos reservatórios de Sobradinho, Itaparica e Xingó, sendo o princípio do que atualmente a Arqueologia desenvolve profissionalmente com o licenciamento ambiental (ETCHEVARNE, 1992; MARTIN, 1998).

Tratando especificamente do contexto arqueológico do baixo rio São Francisco, com o Salvamento Arqueológico de Xingó, iniciado em 1988 e desenvolvido em boa parte da década de 1990, foram identificados em torno de 223 sítios arqueológicos, sítios pré-históricos de arte rupestre e a céu aberto, nas áreas dos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia. Propiciando, assim, uma visibilidade a nível nacional de um passado indígena na região (SANTOS, 2013). Contudo, somente nos últimos anos pesquisas vêm sendo realizadas para o mapeamento do patrimônio arqueológico subaquático do baixo São Francisco, realizadas de forma independente pelo Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe – LAAA/UFS (SANTOS, 2013), e em parceria com outras instituições, a exemplo do projeto de Fiscalização Preventiva Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BAVA DE CAMARGO; DURAN; RAMBELLI, 2018). As referidas pesquisas vêm nos propiciando nos últimos anos a identificação não somente de sítios arqueológicos *in situ*, mas também a localização de acervos arqueológicos gerados pela pilhagem dos contextos subaquáticos, realizados em grande parte por indivíduos das comunidades ribeirinhas que, por um desconhecimento da legislação patrimonial e de sua preservação, vêm continuamente realizando a retirada dos objetos dos seus contextos de origem.

Apesar dos estudos sobre o patrimônio cultural subaquático, mesmo que de forma incipiente, apontarem para um grande potencial arqueológico para o baixo Rio São Francisco, que pode fundamentalmente corroborar com a construção histórica da região, também nos faz enxergar a situação de fragilidade do patrimônio arqueológico local. Portanto, trabalhar com esses sítios e acervos arqueológicos deve ser encarada com uma tarefa que vá além de uma mera ilustração do passado da região, temos que torná-los elementos para a construção de um entendimento sobre o caráter predatório destas práticas para com o patrimônio, buscando atuar de forma conjunta com as comunidades, tornando-as agentes da preservação do seu passado, sua cultura e seu patrimônio. O grande problema existente no Baixo São Francisco é o total distanciamento que a pesquisa arqueológica criou para com os grupos ribeirinhos e indígenas nas últimas décadas, diante dessa problemática, cada vez mais é pensada uma prática científica que possa remediar essa questão, assim:

[...] *a Arqueologia do Baixo São Francisco poderia tornar-se uma chave decisiva para se entender não apenas o passado de uma região, mas, sobretudo, para se pensar alternativas para um futuro de integração, respeito pelas comunidades e desenvolvimento autossustentado* (FERREIRA, 2005, p.64).

Juntando esforços com a 3ª Expedição Científica do Rio São Francisco, buscou-se em nossa primeira participação no projeto, através da adoção de uma postura interdisciplinar com as outras áreas do conhecimento envolvidas, a possibilidade de ampliação do conhecimento existente sobre os sítios arqueológicos parcialmente ou totalmente submersos, para que em um futuro próximo, em edições subsequentes do projeto, seja possível utilizarmos dos dados gerados para o desenvolvimento de um profícuo trabalho na região, que possa atuar de forma integrativa com as comunidades locais, possibilitando a construção de uma carta arqueológica subaquática para a região, uma importante ferramenta de gestão do patrimônio cultural subaquático.

### ***1.1. Introduzindo conceitos e definições***

Apesar das divergências conceituais que afligem a Arqueologia de ambientes aquáticos – subdisciplina dedicada ao estudo dos registros arqueológicos inseridos em ambientes úmidos, como também os reflexos sociais intrínsecos aos contextos marítimos e fluviais – ela ainda carrega o estigma de ser um ramo do mergulho, no entanto, as diferenças impostas pelo ambiente aquático não a descaracterizam como sendo outra disciplina (BASS, 1969; RAMBELLI, 2002, 2003, 2007, 2008, 2009a, 2009b). Assim,

enquanto uma área do conhecimento integrada às ciências sociais, estamos passíveis à agregação de diversas teorias sociais, enfrentando as mesmas discussões epistemológicas que abrangem outras subáreas da Arqueologia. Em vista disso, devemos deixar claro, constantemente, a inexistência de parâmetros que distinguem essa versão “úmida” do restante da disciplina Arqueologia.

O uso do termo Arqueologia de ambientes aquáticos, adotado por esta pesquisa, é uma escolha que, dentro das discussões conceituais deste fazer arqueológico torna-se o mais abrangente e flexível. Portanto, partilhamos uma postura que se preocupa com a garantia de uma base sólida e complacente de discussão, que contribua para o fortalecimento de um corpo conceitual básico, mas que vise não estabelecer linhas estanques de discussão, sendo assim, não traria limitações ao processo de construção do pensamento arqueológico, possibilitando uma “melhor compreensão das formas de interação entre os diferentes ambientes aquáticos e as inúmeras sociedades humanas ao longo do tempo e do espaço” (DURAN, 2008, p.76). Assim, podemos reafirmar que, independentemente do ambiente no qual está inserido o sítio arqueológico, o que estudamos é uma ciência social que encontra sua sustentação teórica na própria teoria social (SHANKS & TILLEY, 1987; ACUTO & ZARANKIN, 1999; RAMBELLI, 2003, 2006).

Ao estudar a dinâmica da vida social e a produção cultural de indivíduos e sociedades passadas (SHANKS & TILLEY, 1987; ACUTO & ZARANKIN, 1999; ZARANKIN, 2002), o arqueólogo se posiciona como agente social em busca de mudanças sociais, transformando a realidade (MCGUIRE & NAVARRETE, 1999). Ele procura através da teoria construir uma práxis da Arqueologia que acarrete conhecer, criticar e transformar o mundo (MCGUIRE, 1999). Essa posição leva em conta a existência de atores sociais em contextos historicamente determinados por relações dialéticas econômicas e políticas, que supõe que o arqueólogo, como agente social, também produz um conhecimento condicionado pelo contexto sócio-histórico de produção, que é capaz de reverter-se sobre a realidade para transformá-la. Principalmente, se mantivermos uma posição crítica, frente à realidade, como diante do nosso próprio conhecimento (MCGUIRE & NAVARRETE, 1999).

Essa perspectiva na prática arqueológica sugere uma posição mais ativa do pesquisador, pois ele assume o papel de mediador entre os restos de um passado que não existe mais, e o seu presente. Logo, a sua interpretação do passado, enquanto produção do conhecimento, não só é subjetiva, carregada de intencionalidade, como varia como

toda interpretação de pesquisador para pesquisador, de tempos em tempos, em um fluxo contínuo de transformações e mudanças (ACUTO & ZARANKIN, 1999, p.7). É impossível desentranhar a pesquisa dos interesses sociais contemporâneos (FUNARI, 1998; 2007).

A aceitação dessa concepção de realidade subjetiva, e não mais da realidade objetiva, deve-se à constatação de que não existe a verdade no passado, pois ela está localizada no presente, como resultado de uma construção cultural de um determinado momento, politicamente orientado (FUNARI, 1998, p.7). Assim, a Arqueologia pode e deve ouvir, através da análise e interpretação da cultura material, as vozes caladas ou pouco pronunciadas das pessoas comuns em seus cotidianos, dos oprimidos, enfim dos excluídos do processo elitista de construção da História oficial. Tal privilégio de acesso às ações e aos conflitos sociais passados, representados, consciente e/ou inconscientemente, pelos mais diferentes indivíduos de uma sociedade, através da cultura material, lhe garante o título da mais democrática das ciências sociais (FUNARI, 1998; 1999; 2007; RAMBELLI, 2003; 2006).

Desta forma, podemos ressaltar que os arqueólogos estão muitíssimos conscientes de que a História é escrita pelos vencedores e que os grupos subalternos podem usar o passado arqueológico para sustentar, cientificamente, suas reivindicações, escrevendo a História da dominação e da resistência (FUNARI, 2007).

Uma vez apresentadas as bases teóricas segundo as quais estamos considerando a ciência arqueológica, e o respectivo papel do arqueólogo na sociedade. Devemos reafirmar que o principal objetivo do presente projeto é a confecção da Carta Arqueológica Subaquática para o Baixo Rio São Francisco como uma ferramenta para sensibilizar a sociedade como um todo, através da Arqueologia de ambientes aquáticos, sobre a importância dessa cultura material, no caso o patrimônio cultural subaquático, para o entendimento de nossa diversidade cultural.

A Carta Arqueológica Subaquática servirá como um mecanismo para se conhecer e garantir a proteção e gestão do patrimônio cultural subaquático de Sergipe. Representa o primeiro passo para o estabelecimento de uma política de proteção e gestão do patrimônio arqueológico, pois não é possível gerenciar o que se desconhece (SCATAMACCHIA & RAMBELLI, 2001). Logo, quando nos referimos à necessidade da confecção de uma Carta Arqueológica específica sobre o patrimônio cultural subaquático, não estamos inventando nada de novo. Trata-se de uma tendência da Arqueologia contemporânea preocupar-se com o inventário dos sítios arqueológicos. É

necessário lembrar, que nos últimos 30 anos foram vários os documentos internacionais que recomendaram, entre outros aspectos, a necessidade de se conhecer o potencial patrimonial de cada país, a fim de se poder definir as medidas adequadas para sua proteção (PUJANTE, 2001).

A sistematização das informações pertinentes a esse patrimônio, através de uma Carta Arqueológica Subaquática, permite um melhor dimensionamento desses bens culturais na área de trabalho voltada ao ambiente cultural marítimo, e, também aos ambientes culturais: fluvial e lacustre; e ajuda na definição de estratégias, de curto e/ou longo prazo, para o conhecimento aprofundado, para a proteção e para a gestão dos mesmos. Devemos ressaltar que os programas de Carta Arqueológica são considerados hoje em dia, em todo o mundo, sistemas de base imprescindíveis para a gestão nesta área do patrimônio, tanto no plano científico, como no administrativo ou operacional (ALVES, 2001, p.1).

Esses planos se interagem e podem ser compreendidos da seguinte forma: o plano científico é o inventário que integra a análise exaustiva do sítio e de seu contexto; o administrativo é o que tem uma orientação meramente protecionista; e o operacional, é o que inicialmente apresenta um conteúdo superficial, mas posteriormente serve de base ao científico (FERNÁNDEZ-POSSE-DE & ÁLVARO, 1993; PUJANTE, 2001).

Podemos afirmar que a Carta Arqueológica cumpre os objetivos, como programar futuras ações arqueológicas, atendendo a critérios de prioridades; contribuir para uma visão global do conjunto patrimonial, proporcionando as bases para uma investigação planejada; e principalmente, permitir, através de sua difusão, uma aproximação da comunidade ao potencial patrimonial regional e/ou nacional. (PUJANTE, 2001).

A importância dos inventários vem sendo contemplada desde a Carta de Paris da UNESCO, de 1972, e os artigos 29, 30 e 31 já chamavam a atenção dos Estados Membros para a necessidade de se inventariar, através de documentação e mapas, o máximo possível, para que poder garantir a proteção dos mesmos. Hoje, a Convenção da UNESCO para Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático, de 2001, mantém a preocupação de 30 anos e continua incentivando os inventários. Há apenas um ponto de discordância entre a proposta da Carta Arqueológica Subaquática do Baixo São Francisco, com esta Convenção da UNESCO de 2001. O Projeto não se restringe ao limite de 100 anos estabelecido na Convenção para o reconhecimento do patrimônio cultural subaquático, pois acreditamos que todos os testemunhos de atividades humanas que deixaram vestígios merecem atenção. Essa linha arbitrária do tempo desconsideraria sítios arqueológicos

preciosismos para a História das dinâmicas náuticas sanfranciscanas, a exemplo dos remanescentes de canoas de toldas e outras embarcações naufragadas no século XX.

É importante ressaltar, que o tema Carta Arqueológica evoluiu de tal modo devido a sua importância para as sociedades, que o conceito inventário, hoje, está diretamente relacionado com a proteção do patrimônio. Pelo menos, esta é a ideia que se mantém constante em todos os fóruns de debates sobre o assunto, que reúnem especialistas do mundo (PUJANTE, 2001; RAMBELLI, 2003, 2009).

Hoje o discurso de proteção ao patrimônio arqueológico entre os arqueólogos é cada vez mais comum no mundo. É quase unânime a posição de que a responsabilidade do arqueólogo deve ir além da pesquisa, pois ele deve também exercer um papel social de divulgador e gerenciador do patrimônio arqueológico ampliando o seu campo de atuação (SCATAMACCHIA & RAMBELLI, 2001, p.116).

Logo, nesse caso, o desenvolvimento da Carta Arqueológica Subaquática específica para os bens culturais submersos dentro de um projeto de Arqueologia, pretende contribuir enquanto proposta de aplicação concreta, como um modelo regional, que possa colaborar futuramente para a realização de um Inventário Nacional do Patrimônio Cultural Subaquático (RAMBELLI, 2003; 2009).

Mas, cabe chamar atenção, que a ideia de um inventário dos bens culturais subaquáticos e relacionados aos temas náuticos não representa nenhuma novidade no cenário nacional. No final da década de 1980, uma proposta de inventário foi sugerida por pesquisadores da Universidade Federal da Bahia, por meio do projeto **ARCHENAVE: Centro de Estudos de Arqueologia, História e Etnografia Naval ao IPHAN**. Uma iniciativa que, embora apresentasse uma preocupação bastante interessante com esta temática no projeto, acabou não se concretizando de fato (AGOSTINHO, 1988-1989; RAMBELLI, 1998; 2002; 2006; 2007).

É válido destacar que o presente projeto é um desmembramento de um programa de amplitude maior: a **Carta Arqueológica Subaquática de Sergipe: Inventário Sistemático do Patrimônio Cultural Subaquático**, pois pensar em elaborar um programa que proporcione a gestão e proteção do patrimônio cultural subaquático, no rio São Francisco, é também colaborar com a concretização do projeto de pesquisa **Carta Arqueológica Subaquática de Sergipe: Inventário Sistemático do Patrimônio Cultural Subaquático**, vinculado ao Laboratório de Arqueologia de Ambientes Aquáticos da Universidade Federal de Sergipe, possibilitando, deste modo, o levantamento e inventário do patrimônio cultural subaquático em todo o território

sergipano, servindo como um mecanismo de conhecimento e gestão, bem como dando voz, através do estudo arqueológico, a um “rico” passado pouco conhecido.

O Projeto acredita que a Arqueologia não pode esquecer da comunicação, levando em conta que o conhecimento produzido sobre o passado não é privilégio de um pequeno círculo intelectual, mas que deve ser dividido com toda a população. Assim, os vestígios arqueológicos têm urgência de passarem do estágio de relato técnico para o significado de ações que envolvem os atores sociais que as produziram. Isto só pode ser feito com uma arqueologia interpretativa que ultrapasse o nível descritivo (SCATAMACCHIA & RAMBELLI, 2001).

Existe uma lacuna muito grande entre o patrimônio arqueológico e as comunidades. Quando se enfatiza o patrimônio cultural subaquático então, a distância fica ainda maior. Preocupados com isso, o presente Projeto acredita que a Arqueologia deve reconstituir e explicar o processo de ocupação que se deu na região, buscando esclarecer a herança cultural recebida. Mostrando que ela deve ser usada e usufruída pelas comunidades atuais, mas com o compromisso obrigatório de transmissão para as gerações futuras (SCATAMACCHIA & RAMBELLI, 2001).

E isso só é possível através do envolvimento direto das pesquisas com o público. Assim, ao pensarmos no uso social do patrimônio cultural subaquático, que desperta não só interesse, mas também identidades com as comunidades, pretendemos, com a participação direta dos alunos engajados ao Projeto, levar as pessoas visitar os sítios da região, diretamente embaixo d'água, desenvolvendo programas de turismo monitorado e de gestão do patrimônio cultural subaquático; e para os que não mergulham, programas de visitação virtual dos sítios, tridimensional.

A criação desses programas monitorados de turismo cultural subaquático corresponde a uma tendência internacional que permeia, tanto a educação patrimonial, como a gestão e proteção do mesmo; onde o patrimônio deve ser repensado como um elemento chave para a sustentabilidade (CAMERON & NOELLE, 2001).

O ponto de partida é o desenvolvimento da Carta Arqueológica Subaquática, porque só a partir dela se pode fazer o gerenciamento desse patrimônio, avaliando o estado de conservação do mesmo e os impactos que pode absorver sem danificá-lo, e desta forma monitorar esse processo de visitação e uso social.

Pontando, aproveitando do aporte interdisciplinar da Expedição Científica do Rio São Francisco, buscamos somar esforços na consolidação da Carta Arqueológica Subaquática,

para que nos próximos anos, toda essa gama de conhecimentos produzidos sobre esses bens culturais, possam ser integrados pelas comunidades assentadas às margens do rio.

## **METODOLOGIA**

Por nos encontrarmos ainda em um momento inicial de integração de esforços com o projeto da Expedição Científica do Rio São Francisco, buscamos a adoção de uma estratégia de trabalho que ao mesmo tempo em que servisse para um direcionamento das possibilidades de trabalho a longo prazo com a iniciativa científica, pudesse gerar novos dados e entendimentos sobre os contextos locais.

Antes de tudo, é muito importante entendermos que o principal pilar para o êxito em uma pesquisa arqueológica subaquática é o planejamento. Por conta disso, o nosso principal objetivo na 3ª Expedição, foi obter um entendimento das dinâmicas de pesquisa da iniciativa científica, para um melhor aproveitamento das potencialidades existentes, corroborando com o desenvolvimento do projeto de Carta Arqueológica Subaquática para região, sem perder de vista as peculiaridades que influem nas investigações subaquáticas, principalmente considerando que será uma parceria científica a longo prazo.

A principal consideração de qualquer projeto de Arqueologia, primeiramente, deve ser a saúde e a segurança de seu pessoal. Com isso em mente, vale ressaltar que o objetivo da Arqueologia de campo é o(a) arqueólogo(a)-mergulhador(a) e não o mergulho, o mergulho é simplesmente um meio de começar a trabalhar. Portanto, qualquer sistema de mergulho deve permitir o desenvolvimento da atividade com segurança e com um trabalho arqueológico em um padrão aceitável. Um sistema de mergulho que requer atenção constante do mergulhador apenas para se manter seguro não é aceitável e por isso devemos buscar paliativos, a exemplo do emprego de tecnologias que minimizem a exposição do profissional. Portanto, todo coordenador de projetos de Arqueologia de ambientes aquáticos precisa ter um entendimento completo dos problemas arqueológicos e de mergulho (NAUTICAL ARCHAEOLOGY SOCIETY, 2009).

Para definirmos um sistema apropriado de pesquisa, devemos considerar uma série de fatores, como:

- Condições ambientais do local - incluindo acessibilidade, visibilidade, profundidade, resistência das marés e temperatura;

- Tipo de trabalho a ser realizado - a escavação deve normalmente ser considerada um trabalho mais árduo que o levantamento, e é aconselhável usar um sistema de comunicação mergulhador para mergulhador ou mergulhador para a superfície;
- Tamanho do sítio arqueológico - isso terá um impacto na maneira como os mergulhadores entram e saem da água, além de influenciar o método de recuperação de equipamentos ou achados. Além disso, a aptidão de recuperar um mergulhador incapacitado é essencial;
- Experiência e qualificações dos pesquisadores/mergulhadores - alguns locais são investigados usando um sistema de mergulho comercial, mas qualificações ou experiências específicas de mergulho científico são essenciais;

Levando em consideração todos os pontos levantados, buscamos em nossa primeira participação na iniciativa, compreender o contexto para um pleno desenvolvimento da pesquisa nas expedições subsequentes. Logo, optamos por uma abordagem de pesquisa pautada na integração com outras frentes de pesquisa, já desenvolvidas na expedição, e quando possível a realização de inspeções subaquáticas, sem qualquer medida de intervenção ou coleta de vestígios, para atualização do conhecimento sobre a conservação dos contextos arqueológicos já conhecidos.

Nesse sentido, buscando o aproveitamento das potencialidades da expedição e visando a geração de novos dados para a Carta Arqueológica Subaquática, atuamos conjuntamente a equipe de levantamento geofísico (batimetria e sonar de varredura lateral), coordenada pelo pesquisador Gilberto Schwertner, com a utilização do sensor *Starfish 450®*, para assim auxiliar na seleção das áreas que poderiam ser levantadas acusticamente (prática já desenvolvida em edições anteriores), para que assim os dados pudessem também ser aproveitados em benefício a uma ampliação do conhecimento arqueológico local.

A partir da análise da grande carga de dados geradas, buscou-se a identificação de potenciais pontos (anomalias geofísicas), elementos que devido suas características morfológicas não podem ser considerados como elementos de origem natural. Posteriormente, os referidos pontos poderão ser verificados nas próximas expedições, com as devidas autorizações de pesquisa, possibilitando a ampliação do número de sítios arqueológicos subaquáticos para a região. Ao mesmo tempo, sugerimos o levantamento geofísico nas áreas dos sítios arqueológicos já conhecidos, para um maior dimensionamento desses contextos, economizando com isso, através do uso das referidas

tecnologias, uma grande carga de trabalho de investigação direta com a utilização de mergulho científico.

A prospecção indireta por métodos geofísicos é amplamente aceita pela comunidade arqueológica e é considerado atualmente como um instrumental básico na pesquisa arqueológica subaquática, sendo citado pela bibliografia especializada tanto no âmbito internacional quanto nacional (ARNOLD III & CLAUSEN, 1975; EDGERTON, 1976; BASS, 1988; MAZEL, 1988; ESPANHA, 1988; DELGADO, 1997; NAUTICAL ARCHAEOLOGY SOCIETY, 2009; RAMBELLI, 1998, 2002, 2003; BAVA DE CAMARGO, 2002; GREEN, 2004; SOUZA, 2006; DURAN, 2008).

Devemos ainda ressaltar que a utilização de equipamentos geofísicos significa uma grande economia de tempo nas desgastantes tarefas a serem realizadas embaixo d'água (MAZEL, 1988:15). Em comparação com os métodos diretos de investigação, essas técnicas apresentam pelo menos outras duas grandes vantagens; o fato de não serem afetadas pelas condições de baixa visibilidade que muitas vezes dominam as áreas de pesquisa e o fato de possibilitarem a formação de uma visão mais completa da totalidade do espaço investigado.

Com os dados obtidos através do trabalho conjunto com as outras áreas do conhecimento que integram a Expedição Científica, buscaremos com o nosso trabalho a construção de uma Carta Arqueológica Subaquática do Baixo Rio São Francisco, um programa que proporcione a gestão e proteção do patrimônio cultural subaquático, dando voz, através do estudo arqueológico, a um “rico” passado pouco conhecido e as comunidades que convivem com esses patrimônios.

É preciso ressaltar, constantemente, que um programa de carta arqueológica, como o pretendido com essa pesquisa, “significa o primeiro passo para o estabelecimento de uma política de proteção e gestão do patrimônio arqueológico, pois não é possível gerenciar o que se desconhece” (SCATAMACCHIA & RAMBELLI, 2001, p.116 *apud* RAMBELLI, 2003). Para assim acabarmos com o descaso do qual sofre o patrimônio cultural subaquático brasileiro, pois quando distanciados do nosso campo de visão, acabamos negligenciando com frequência a sua preservação.

Enxergamos na Carta Arqueológica Subaquática para Baixo rio São Francisco, não apenas uma mera ferramenta de contribuições científicas, mas também como um instrumento político, capaz de gerar mudanças na estrutura da sociedade brasileira, conFigurando a maneira como a sociedade civil e o Estado se relacionam com o patrimônio. Para concretizar essa ação faz-se necessário o estabelecimento de estratégias

de trabalho iniciadas já na atual fase de pesquisa. Portanto, optamos por iniciar com um estudo de **valoração dos sítios arqueológicos de ambientes aquáticos** já conhecidos, trabalho que poderá ser atualizado a cada expedição com a identificação e registro de novos contextos arqueológicos, por hora focamos nos sítios arqueológicos já conhecidos e registrados no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).

#### ***A - Valoração do Patrimônio Cultural Subaquático do Baixo São Francisco***

A lei n°. 7542, de 26/09/1986 (BRASIL, 1986), que trata da exploração de bens afundados não é um instrumento bem ajustado para tratar das questões inerentes à Arqueologia subaquática e gerir o Patrimônio Cultural Subaquático (PCS). Entretanto, houve o desenvolvimento de boas práticas interinstitucionais (Marinha/ IPHAN) na última década, uma vez que as duas instituições, a partir do momento em que dispuseram de quadros funcionais conscientes da importância desse patrimônio, fizeram valer a portaria interministerial (MinC/ MM) n°. 69, de 23/01/1989, criando sinergia para a proteção do PCS.

A despeito disso, os bens arqueológicos que jazem no leito dos cursos d'água sob jurisdição brasileira ainda estão ameaçados em função da insegurança jurídica dos instrumentos legais nacionais (BAVA-DE-CAMARGO, 2015). Soma-se a isso o fato de que o Brasil não é signatário nem da Convenção da UNESCO para a Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático, nem de seu anexo, que são os instrumentos que direcionam as ações de salvaguarda do PCS em termos mundiais. A Convenção da UNESCO é um detalhamento importante da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS), concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. E muito embora o Brasil não tenha assinado a Convenção da UNESCO, ele é signatário da UNCLOS, colocada em vigor pelo decreto-lei n°. 1530, de 22/06/1995 (BRASIL, 1995), o que demonstra certa incoerência e ausência de pensamento estratégico.

Abrange também o âmbito científico, transcendendo o plano exclusivamente jurídico, o fato de que, sem mecanismos legais fundamentais, ajustados para a realidade brasileira em consonância com as perspectivas mundiais das melhores práticas de gestão do PCS, não podem ser elaboradas leis e normas nacionais bem ajustadas às situações comuns verificadas durante pesquisas de Arqueologia subaquática. Exemplo disso é a própria lei n°. 7542/86 (BRASIL, 1986), a qual tem importantes determinações para a

ordenação da recuperação de bens soçobrados, mas é demasiado simples, permissiva e ultrapassada para lidar com os bens de interesse arqueológico, fato agravado pelas alterações feitas pela lei 10.166, de 27 de dezembro de 2000 (BRASIL, 2000), as quais viabilizam as transações comerciais de bens provenientes de sítios arqueológicos de naufrágio. E sem leis e normas voltadas para a gestão do PCS, torna-se necessário recorrer às balizas utilizadas em países culturalmente próximos ao Brasil, que formularam aparato legal fundamentado na Convenção da UNESCO.

Afirma-se que o problema não é somente relativo às leis e normativas brasileiras, mas vinculado também à falta de continuidade de políticas públicas que elaborem instrumentos legais para uma atuação ampla e completa na resolução dos problemas inerentes ao PCS que jaz nas águas brasileiras. Assim, ao cabo de tão somente quatorze anos passou-se de uma lei restritiva que estabelecia parâmetros universalistas e públicos para a gestão do PCS (7542/86), para uma lei que buscou se alinhar com práticas privatistas e economicistas (10166/00) que acabou por transformar a lei 7542/86 em uma perversa ferramenta de valorização financeira do PCS ao invés de estabelecer as regras para o usufruto universal e sustentável do valor cultural dos bens soçobrados. Problema semelhante e de vital importância para este relatório é encontrado em outra ferramenta legal brasileira: no decreto-lei n.º 25, de 30 de novembro de 1937, que organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Apesar de ser uma lei bastante avançada para a época, não houve uma continuidade em transformar alguns critérios amplos em conceitos objetivos para a gestão do patrimônio cultural. Tratando aqui especificamente daquilo que é importante para este contexto, observa-se que o artigo 1º, ressalta que:

Constitue [sic] *o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse [sic] público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico* (BRASIL, 1937).

No entanto, 84 anos depois, a ideia de “valor arqueológico” necessitaria explicação mais densa e ponderada, no sentido de consolidar parâmetros para a *avaliação* dos bens arqueológicos, que é diferente da *valorização* dos bens arqueológicos. Ou seja, faltam ser estabelecidos os critérios não para a determinação do que é arqueológico ou não (uma construção que depende da subjetividade para qualificar a cultura material), mas para a comparação do grau de importância que as demandas sociais atribuem aos diferentes bens arqueológicos e as prioridades em termos de gestão (pesquisa, conservação, proteção, visitação, dentre outros). E na ausência desses critérios, a

Arqueologia tem se aproveitado dos instrumentos comumente usados no licenciamento ambiental, os quais não são adequados para esse fim.

A proposta aqui colocada é a de trabalhar com critérios estabelecidos por outros países, principalmente Portugal, que é signatário da já mencionada Convenção da UNESCO e que possui grande afinidade cultural com o Brasil, por motivos mais ou menos óbvios. Note-se que isso não significa curvar-se à legislação estrangeira para enfrentar problemas nacionais: utiliza-se, aqui, o exemplo de outros países como um balizador para a criação de parâmetros científicos para a valoração do PCS, os quais são indicativos e não compulsórios.

Para isso, vai-se utilizar de critérios de valoração cultural adotados em Portugal, os quais são inspirados na lei nº. 107, de 08/09/2001, que estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do patrimônio cultural (PORTUGAL, 2001). O uso dessa metodologia não normativa para a valoração do PCS produz bons resultados (BAVA-DE-CAMARGO; FRAGA, 2021, p. 51-62, com referências anteriores), que permitem estabelecer prioridades de pesquisa a partir da comparação de critérios mensuráveis.

### ***B - Critérios de Importância***

Alguns dos parâmetros constantes no nº. 3 do artigo 2 da lei 107/01 (PORTUGAL, 2001) são: memória, originalidade, raridade, singularidade ou exemplaridade – antiguidade é critério que diminui a importância do patrimônio contemporâneo e autenticidade se adequa mais às obras de arte. Além desses parâmetros, usam-se outros, apresentados no artigo 17 da supramencionada lei (PORTUGAL, 2001).

A partir disso, criou-se um sistema de valoração patrimonial simples e objetivo, o qual possibilita apontar prioridades de gestão, conservação, proteção e pesquisa.

### ***C - Valoração Patrimonial: critérios de Bem Cultural***

Ø *Memória* – mensura a memória coletiva das populações envoltórias e a importância que elas atribuem ao bem cultural material;

Ø *Originalidade* – mensura a importância do bem cultural material em relação ao estado da arte do conhecimento histórico e arqueológico;

Ø *Raridade* – mensura a importância do bem cultural material em relação a outros bens culturais materiais similares;

Ø *Singularidade* – mensura as eventuais qualidades únicas/ especiais do bem cultural material em relação a outros bens culturais materiais de mesma tipologia;

Valores de 1 a 5 para cada um dos critérios foram atribuídos, mostrados no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1: Valores para os critérios de avaliação

<b>Valor</b>	<b>Memoria (M)</b>	<b>Originalidade (O)</b>	<b>Raridade (R)</b>	<b>Singularidade (S)</b>
1	Desconhecida/ desvalorizada	Pouco significativa	Bastante comum	Igual aos restantes
2	Valor local	Banal	Comum	Apresenta variantes
3	Valor regional	De acordo com a época	Incomum	Variantes significativas
4	Valor nacional	Avanço	Raro	Inovação dentro do sistema
5	Valor mundial; Grande significado para a comunidade/ sociedade	Avanço significativo ou extraordinário	Único	Completa reformulação

Fonte: Adaptado de (BAVA-DE-CAMARGO; FRAGA, 2021, p. 51-62)

#### ***D - Valoração Patrimonial: critérios de Importância Científica***

A importância científica de um contexto arqueológico é estabelecida a partir de três critérios. Ordem de importância, conservação e avanço científico.

Ø Ordem de importância – o grau de importância histórica e arqueológica de um bem. A referência se baseia em modelo difundido no campo da Arqueologia Marítima (BABITS; TILBURG, 1998; MANDERS; TILBURG, 2012; GREGORY; MANDERS, 2015). Dividiu-se a importância em cinco níveis (Quadro 2).

Quadro 2: Classificação do patrimônio

Primeira Ordem: Patrimônio da Humanidade – sítios arqueológicos ou outros elementos que:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estejam associados a eventos históricos de importância nacional ou internacional;</li> <li>b. Conttenham um registo arqueológico único que não exista em nenhum lugar;</li> <li>c. Conttenham informações históricas ou arqueológicas essenciais para um entendimento da evolução humana.</li> </ul>
Segunda Ordem: Patrimônio Regional – sítios arqueológicos ou outros elementos que:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estejam associados a eventos históricos de importância regional;</li> <li>b. Conttenham um registo arqueológico que contribua de forma significativa para o enriquecimento da informação arqueológica;</li> <li>c. Conttenham informações históricas ou arqueológicas que possam dar grande contribuição ao entendimento da evolução humana.</li> </ul>
Terceira Ordem: Patrimônio Local – sítios arqueológicos ou outros elementos que:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estejam associados a eventos históricos de importância local;</li> <li>b. Representem uma das várias fontes de informação arqueológica;</li> <li>c. Conttenham informações históricas ou arqueológicas que contribuam para o nosso entendimento da evolução humana.</li> </ul>
Quarta Ordem: Patrimônio geral – sítios arqueológicos ou outros elementos que:	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Tenham uma associação com eventos do passado;</li> <li>b. Conttenham alguma informação arqueológica sobre circunstâncias relacionadas com a atividade humana;</li> <li>c. Preservem informações históricas ou arqueológicas que se encontrem reproduzidas e estudadas em outros sítios arqueológicos.</li> </ul>
Quinta Ordem: Patrimônio educacional – sítios arqueológicos ou outros elementos que:	Embora não apresentem informação arqueológica importante, merecem ser salvaguardados para fins científicos e/ou educacionais.

Fonte: Adaptado de (BAVA-DE-CAMARGO; FRAGA, 2021, p. 52)

Ø Conservação – leva em conta a integridade do bem arqueológico, de acordo com a experiência do pesquisador e seguindo a premissa de que o bem arqueológico se originou a partir de um bem de uso social, ou seja, que apesar do processo de formação do sítio arqueológico, um fragmento de utensílio cerâmico estará mais conservado na medida em que representar mais fielmente o objeto original;

Ø Avanço Científico – reflete a análise da equipe de Arqueologia sobre a contribuição que o estudo, gestão e preservação do bem arqueológico poderia proporcionar à comunidade científica.

Os critérios acima são quantificados tal como se observa no quadro abaixo (Quadro 3).

Quadro 3: Critérios de avaliação qualitativa da importância científica e sua expressão Quantitativa

Valor	Ordem (O)	Conservação (C)	Avanço Científico (A)
1	Quinta	Mau	Baixo
2	Quarta	Regular	Médio
3	Terça	Bom	Alto
4	Segunda	Risco potencial	Inovador
5	Primeira	Risco confirmado	Transformador

Fonte: Adaptado de (BAVA-DE-CAMARGO; FRAGA, 2021, p. 51-62)

## RESULTADOS PRELIMINARES

O trabalho feito em conjunto com a equipe de levantamento geofísico (topologia) foi iniciado no município de Piranhas-AL e seguiu até a foz do rio São Francisco. Para melhor se adaptar a dinâmica da expedição, optamos por adequar nossa estratégia de trabalho de investigação indireta seguindo dois critérios principais: priorizando áreas arqueologicamente já conhecidas; e avaliando áreas que teriam um maior potencial de abrigar vestígios náuticos, devido suas características paisagísticas.

O sonar de varredura lateral (*Starfish 450®*) é um equipamento fixado em uma embarcação e emite um feixe lateral de ondas acústicas, a partir de uma frequência de 450 kHz, produzindo uma imagem do fundo, cujo resultado final em muito se assemelha a uma fotografia aérea. Logo, visando não comprometer o cronograma da expedição, nas áreas onde não haviam referências de contextos arqueológicos conhecidos, o levantamento focou na produção de um levantamento contínuo, enquanto realizava-se o deslocamento até o próximo ponto de parada, assim, para um melhor aproveitamento da pesquisa, selecionamos os pontos de passagem, com o referido sonar, utilizando como base a análise das paisagens culturais das margens do rio.

Essa análise em parte era feita de forma planejada, através das análises de imagens de satélite, definiu-se quais locais tiveram historicamente uma maior atividade portuária, com o mapeamento de antigas estradas e povoados de maior porte. Dessa maneira nossa

navegação era feita usando com base essas referências, o que nos possibilitou o mapeamento geofísico tanto de partes das margens sergipanas, como das margens alagoanas. Outros indícios, que muitas vezes eram identificados durante a navegação, nos ajudavam na definição das áreas de levantamento acústico, a exemplo de pontos nas margens com a presença de edificações históricas, como antigas capelas e áreas que ainda hoje apresentam uma dinâmica portuária, a exemplo de locais de fundeio de embarcações ribeirinhas. Caso observa-se durante o levantamento a existência de anomalias geofísicas potenciais, buscou-se uma ampliação do levantamento na área, caso contrário, seguíamos com a navegação.

Já nas áreas arqueologicamente conhecidas, a dinâmica de trabalho com o levantamento funcionava de forma distinta, primeiro realizamos uma pré-seleção dos contextos, focando somente naqueles que por suas características estruturais, seriam passíveis de leitura com o método geofísico, especificamente os sítios de embarcações naufragadas.

Os sítios arqueológicos depositários, geralmente localizados em áreas portuárias edificadas ou em portos naturais (áreas abrigadas), que foram utilizadas para o fundeio de embarcações e transbordo de pessoas e mercadorias, acolhem vestígios materiais móveis de pequeno porte resultantes das atividades rotineiras das comunidades fluviais, descartados voluntariamente ou perdido durante o período de ocupação humana da paisagem local. Por serem formados por pequenos objetos a sua identificação somente é possível através da observação arqueológica direta, com utilização de mergulho.

Portanto, o sonar de varredura lateral foi empregado com uma maior ênfase nas áreas com estruturas de embarcações naufragadas, visto a sua leitura gerar dados extremamente interessantes e informativos para a investigação arqueológica subaquática. Assim sendo, com o auxílio de um aparelho GPS orientamos a nossa navegação objetivando visitar essas áreas, e, conseqüentemente, realizar o levantamento geofísico com uma maior ênfase, com o estabelecimento de linhas de aquisição longitudinais à margem, espaçadas em 10-20 metros ou conforme as condições de navegabilidade.

Como resultado do levantamento indireto realizado entre os dias 01 a 09 de dezembro de 2020 foram obtidos 424 arquivos de log do software *StarFish Scanline*® (.LOGDOC), todos convertidos em arquivo *eXtended Triton Format* (.XTF), resultando em mais de 5GB de dados. Os arquivos originais e os arquivos convertidos estão disponíveis em diretório em nuvem: [https://bit.ly/dados\\_starfish450](https://bit.ly/dados_starfish450) .

Tabela 1: Relação dos sítios arqueológicos subaquáticos conhecidos levantados com Sonar de Varredura Lateral (*Datum Sirgas 2000, zona 24 L*).

<i>Sítios Arqueológicos</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
Naufrágio Canoa do Sítio Cruz	647489	8928834
Canoa Caiçara/Xokó	678492	8917929
Naufrágio Canoa de Propriá	737751	8870431
Lancha Moxotó	660504	8922592
Naufrágio de Neópolis	765732	8858525

Diante da grande quantidade de dados gerada pela pesquisa, realizamos a análise de parte dos registros sonográficos. No processo de análise desconsideramos as feições geomorfológicas observadas pelo sonar de varredura lateral, que são atribuídas a formas naturais de ocorrência, como rochas e depósitos arenosos, que, conseqüentemente, neste momento não corroboram com os objetivos da pesquisa. Atendendo o nosso critério de análise, buscamos como principais alvos as feições geométricas, de alto contraste de impedância acústica, formas não reconhecíveis e/ou objetos de origem antrópica, cabendo a avaliação do seu potencial arqueológico, através de investigação direta com utilização de arqueólogos-mergulhadores, na próxima expedição científica.

Segue abaixo a relação das anomalias geofísicas identificadas (**Tabela 2**) e para ilustrar algumas das anomalias identificadas com sonar de varredura lateral (*Starfish 450®*), que acreditamos ser possivelmente de origem antrópica, apresentamos algumas das imagens obtidas (**Figura 1, 2 e 3**).

Até o presente momento da pesquisa, foram levantados 19 pontos de anomalia que serão investigados na próxima expedição científica. Contudo, os dados gerados possibilitaram ainda o apontamento de muitos outros pontos, logo, encaramos esse trabalho de análise como uma prática contínua em nossa investigação arqueológica, oportunizando nas próximas edições novas demandas de vistorias subaquáticas, alimentando perenemente o banco de dados da Carta Arqueológica Subaquático do Baixo Rio São Francisco.

Tabela 2: Relação das anomalias geofísicas identificadas pelo Sonar de Varredura Lateral (*Datum Sirgas 2000, zona 24 L*).

<i>Identificação</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Arquivo (.LOGDOC)</i>
----------------------	----------	----------	--------------------------

A1	678867	8917892	060820
A2	678937	8917972	060820
A3	678714	8917939	063104
A4	678882	8917862	063104
A5	679627	8917629	063104
A6	709838	8898241	092104
A7	715669	8895099	101645
A8	715789	8895255	104448
A9	670764	8921630	050856
A10	671521	8921209	050856
A11	672391	8920680	050856
A12	674949	8918814	054812
A13	675107	8918624	054812
A14	675933	8918501	054812
A15	676568	8918452	054812
A16	720553	8896598	085852
A17	720622	8896595	085852
A19	723052	8894900	090900

Figura 1: Anomalia geofísica A2.

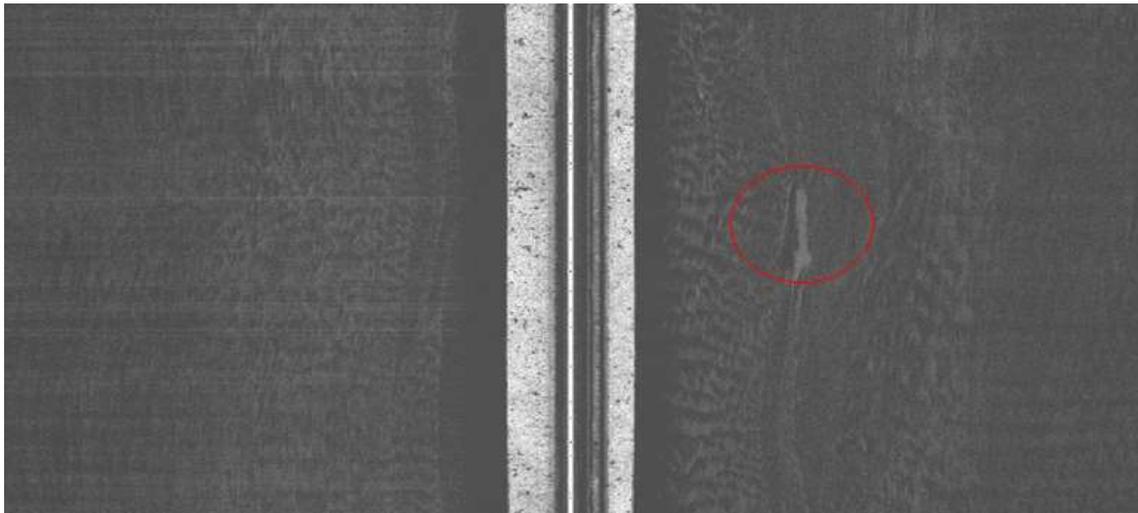


Figura 2: Anomalia geofísica A3.

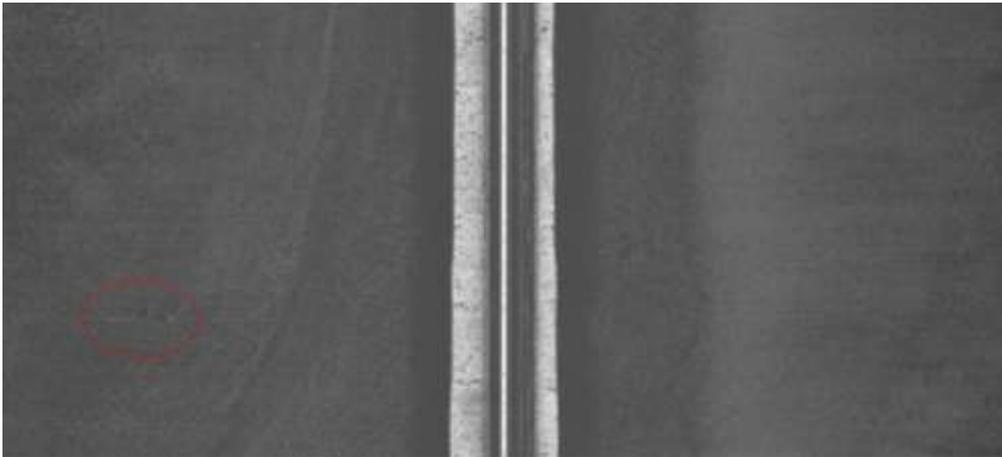
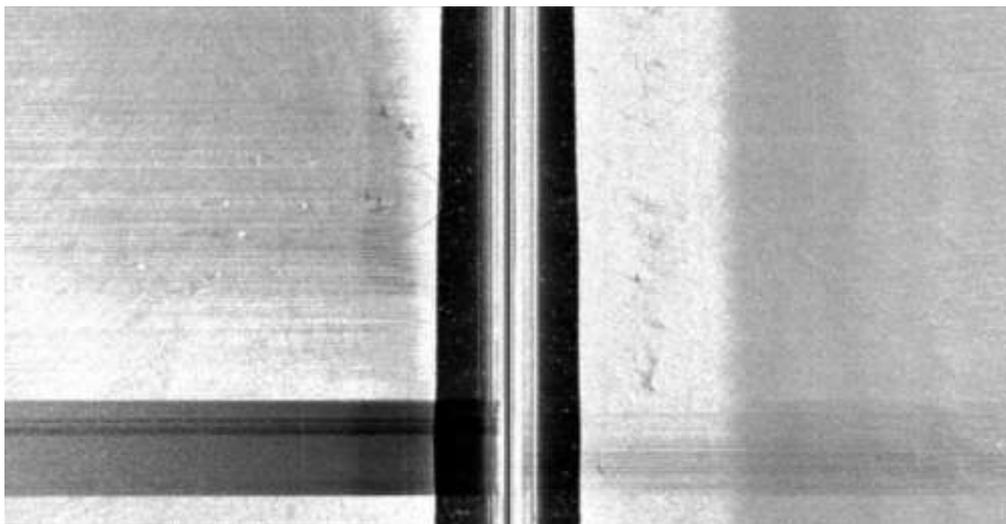
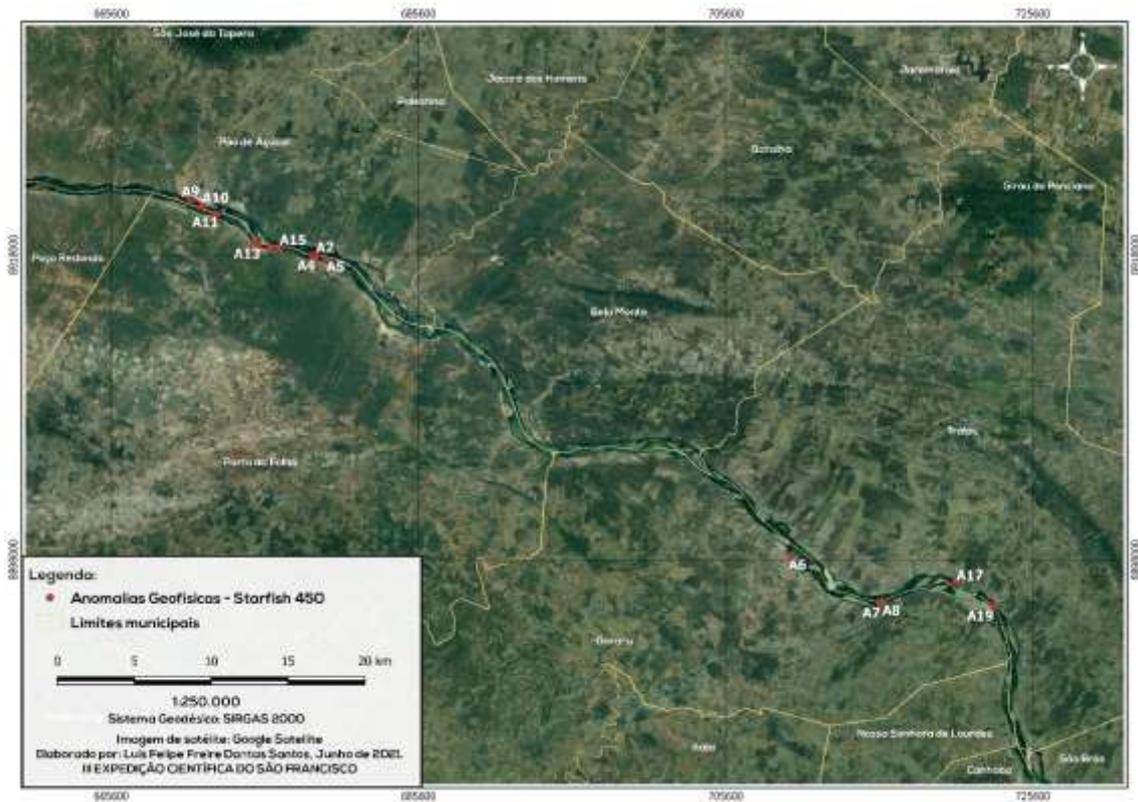


Figura 3: Anomalia geofísica A9.

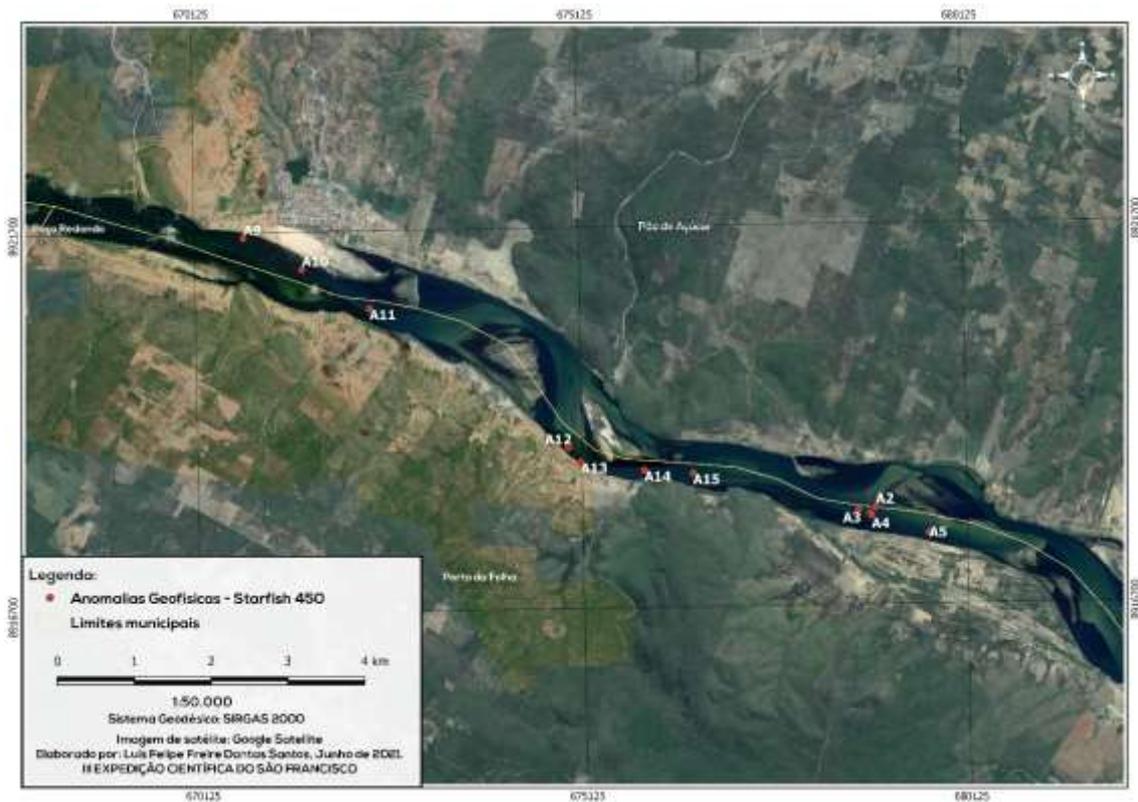


Em relação ao levantamento acústico nas áreas dos sítios arqueológicos subaquáticos, os dados ainda não apontaram elementos substanciais para um processo e construção de registros espaciais detalhados sobre os sítios, cabendo em ações futuras a realização de ações de registro arqueológicos subaquáticos, por meio de técnicas de planimetria e outras que sejam pertinentes. Também será oportuno o levantamento anual com sonar de varredura lateral dos contextos arqueológicos, pois esses dados serão extremamente importantes para o estudo de conservação dos sítios diante as intensas dinâmicas do Rio São Francisco.

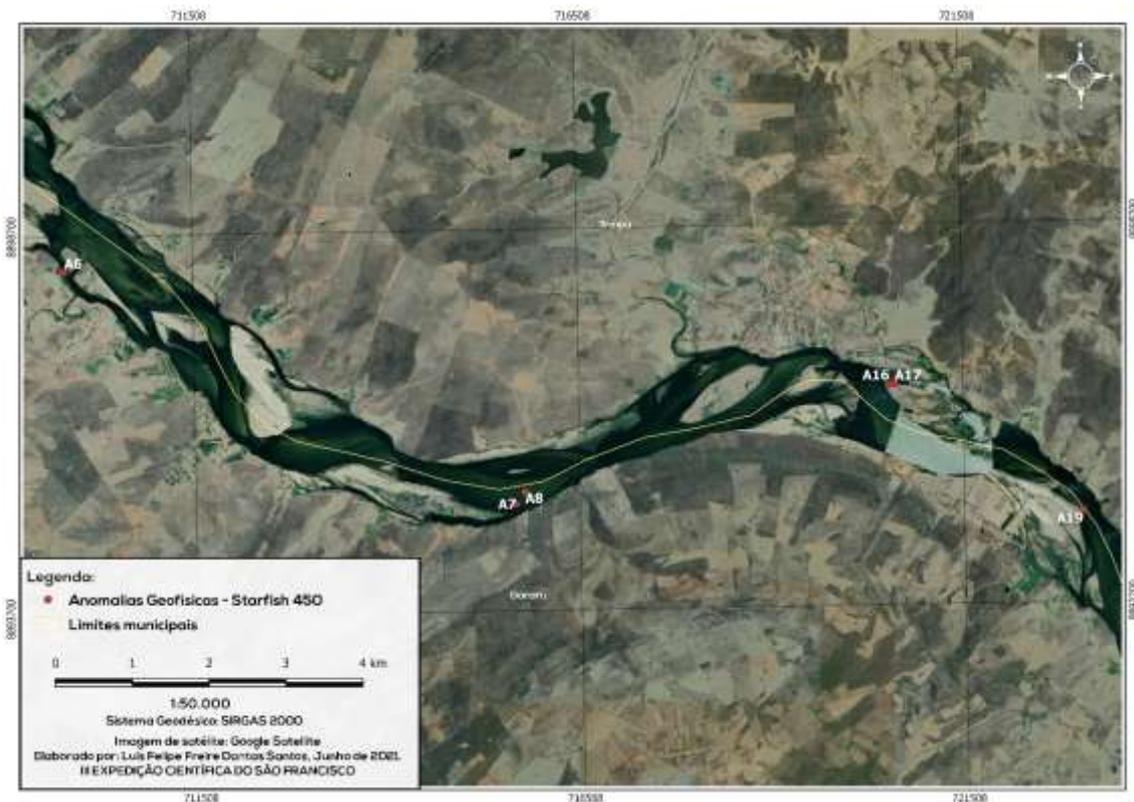
Mapa 1: Distribuição dos pontos de anomalia geofísica no curso do rio.



Mapa 2: Distribuição dos pontos de anomalia geofísica no trecho Pão de Açúcar-Poço Redondo.



Mapa 3: Distribuição dos pontos de anomalia geofísica no trecho Traipu-Gararu.



Além da investigação indireta com o sonar de varredura lateral, realizamos a investigação direta não-interventiva, com o emprego de técnicas de mergulho científico, de antigas áreas portuárias, a exemplo do Porto de Piranhas, Porto de Bonsucesso, Porto de Propriá e o Porto de Piaçabuçu, sendo esse último um ponto que ainda não havia sido investigado por pesquisas anteriores. Apesar dos nossos esforços não foi possível avançar muito com a investigação devido ao fluxo do rio, que estava alto no período da pesquisa, gerando intensas correntezas.

Nosso principal objetivo na investigação de áreas portuárias era a reavaliação dos contextos outrora identificados (BAVA DE CAMARGO; DURAN; RAMBELLI, 2018), objetivando a coleta de dados para o desenvolvimento de nossa proposta de estudo preliminar de potencial e vulnerabilidades. No entanto, durante esse processo, como no caso de Propriá, novos contextos arqueológicos foram identificados, a exemplo dos remanescentes estruturais de uma canoa de tolda no Porto de Propriá (24 L 737594 8870544). Já o Porto de Piaçabuçu (24 L 780765 8848359), um dos pontos de parada da expedição, foi um novo contexto arqueológico depositário identificado por nossa pesquisa, ampliando o quantitativo de antigas áreas portuárias do baixo rio São Francisco que poderão ser registradas como sítios arqueológicos históricos.

Figura 4: Arqueólogo realizando a investigação direta do sítio arqueológico depositário Porto de Piranhas.



Figura 5: Arqueólogo realizando registro arqueológico de um fragmento de faiança fina do sítio arqueológico depositário Porto de Bonsucesso.



Figura 6: Arqueólogo realizando a identificação de uma estrutura de canoa de tolda nas margens do Porto de Propriá.



Figura 7: Estrutura da proa de uma canoa de tolda nas margens do Porto de Propriá.



Figura 8: Arqueólogo realizando registro arqueológico de um fragmento de faiança fina do sítio arqueológico depositário Porto de Piaçabuçu.



Aproveitando o cronograma dos pontos de parada da expedição, também tivemos a grata surpresa de identificar dois contextos arqueológicos de ocupação histórica costeira na Foz do rio São Francisco (24 L 785274 8840676 & 24 L 785511 8840898), na margem alagoana, no município de Piaçabuçu, implantados na área de dunas. São dois contextos de ocupação histórica com uma grande presença de material cerâmico, faianças finas, vidros e outros materiais. Todos os novos contextos arqueológicos identificados foram delimitados com GPS, contudo, caberá na próxima expedição a realização de mais

registros que venham a reforçar o registro dos sítios no *Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos* do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

Figura 9: Arqueólogo realizando registro arqueológico de fragmentos cerâmicos localizados nas dunas da Foz do São Francisco.



Todos esses elementos identificados reforçam a necessidade de estudos contínuos para o Rio São Francisco, a 3ª Expedição Científica possibilitou o levantamento inicial de dados que fundamenta esse projeto de gestão de um patrimônio regional.

### **3.1. Resultado da Valoração: Cálculo do Valor Patrimonial**

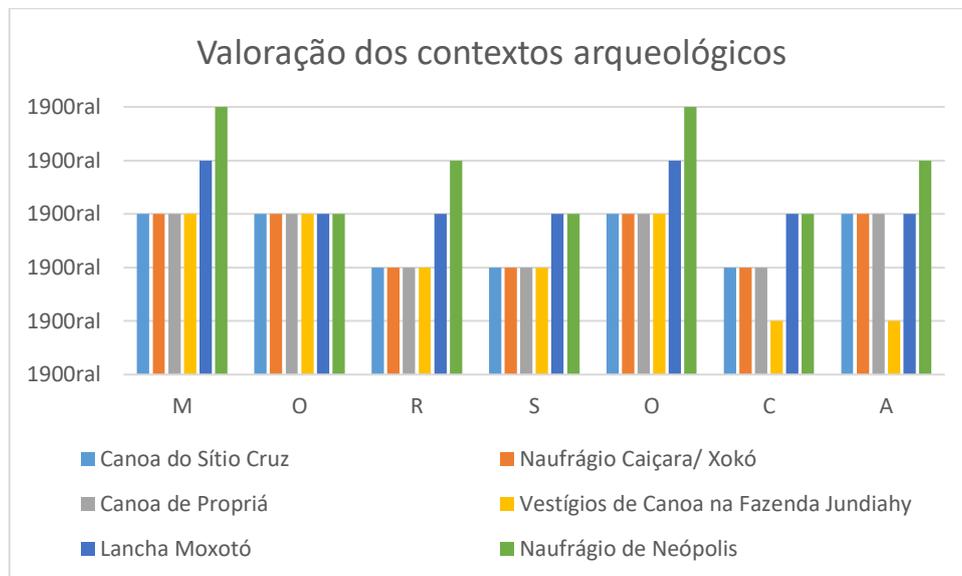
O valor patrimonial (VP) resulta de fórmula simples:  $VP = (M+O+R+S+O+C+A) / 7$ . Aplicando esses critérios aos remanescentes arqueológicos abordados nesta pesquisa, obtêm-se resultado expresso de forma sucinta logo abaixo (**Tabela 3**).

Tabela 3: Valoração do Patrimônio Cultural Subaquático registrado no CNSA/IPHAN.

<b>Denominação</b>	<b>M</b>	<b>O</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>VALOR</b>
<i>Canoa do Sítio Cruz</i>	3	3	2	2	3	2	3	2,571
<i>Naufração Caiçara/ Xokó</i>	3	3	2	2	3	2	3	2,571
<i>Canoa de Propriá</i>	3	3	2	2	3	2	3	2,571
<i>Vestígios de Canoa na Fazenda Jundiahy</i>	3	3	2	2	3	1	1	2,143
<i>Lancha Moxotó</i>	4	3	3	3	4	3	3	3,286
<i>Naufração de Néópolis</i>	5	3	4	3	5	3	4	3,857

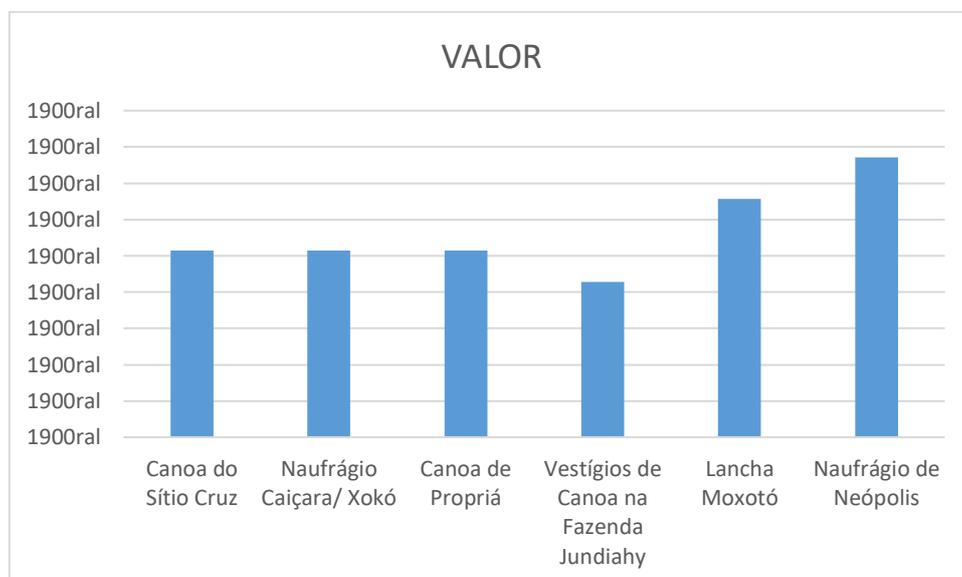
De maneira geral, a valoração do PCS atingiu números medianos a altos, tendo em vista que o máximo seria 5 (**Gráfico 1**).

Gráfico 1: Valoração do Patrimônio Cultural Subaquático registrado no CNSA/IPHAN.



Esses valores servem para indicar prioridades em termos de gestão, preservação e pesquisa e não para hierarquizar a importância dos sítios arqueológicos (**Gráfico 2**).

Gráfico 2: Valor final do Patrimônio Cultural Subaquático registrado no CNSA/IPHAN.



Mapa 4: Localização dos sítios arqueológicos registrados e valorados.



Mapa 5: Localização dos sítios arqueológicos registrados e valorados.



Tem-se, então, três panoramas que podem guiar as próximas ações a serem desenvolvidas: o Naufrágio de Neópolis desponta como absolutamente prioritário, seguido de perto pela lancha *Moxotó*; depois vem o conjunto de três canoas de tolda, que em função de seu estado de conservação e de sua relativa grande incidência no leito do rio São Francisco, apresentam uma prioridade gerencial mediana; e a canoa da fazenda Jundiahy seria a última da lista, em função de seu estado de conservação, exiguidade dos vestígios e por estar em propriedade privada. Evidentemente essa valoração modifica-se com o decorrer dos anos, a evolução do conhecimento e das demandas sociais.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como dito anteriormente no presente relatório, por nos encontrarmos no momento inicial de integração de esforços com o projeto da Expedição Científica do Rio São Francisco, buscou-se a adoção de uma estratégia de trabalho que ao mesmo tempo em que servisse para um direcionamento das possibilidades de trabalho a longo prazo com a iniciativa científica, enxergasse horizontes de possibilidades para a construção de um profícuo cenário patrimonial para a região.

Atualmente, a Expedição Científica do Rio São Francisco vem se configurando em um dos projetos científicos práticos de maior relevância em nosso país, visto o seu caráter multidisciplinar e a sua ampla abrangência. Tendo isso em mente, entendemos que a Arqueologia de ambientes aquáticos ao mesmo tempo em que se beneficia dessas idiosincrasias, propiciando a produção de um conhecimento ainda inédito para a região, como apresentado aqui, extremamente rica patrimonialmente, possibilita a instrumentalização de políticas de gestão e uso social do Patrimônio Cultural Subaquático, que beneficiem diretamente as comunidades locais.

O baixo rio São Francisco possui um relevante contexto histórico e arqueológico a ser trabalhado. Por isso, torna-se necessário elaborarmos uma metodologia que possibilite não só o estudo dos sítios arqueológicos, mas também propicie o resgate de memórias e a inclusão de vozes que, até então, foram ignoradas e excluídas do processo de construção do passado. A relevância da elaboração de projetos como o da Carta Arqueológica Subaquática surge da fragilidade ainda existente no que concerne à preservação dos vestígios arqueológicos do Baixo Rio São Francisco, localizados parcialmente ou totalmente submersos, e da postura equivocada que, muitas vezes, é empregada no sentido de resgatar esses vestígios, sendo muito comum na região a pilhagem dos referidos contextos arqueológicos subaquáticos.

Temos sempre que deixar claro que o patrimônio arqueológico não é propriedade dos arqueólogos, nem de indivíduos por mais perspicazes e bem equipados que sejam, nem de departamentos e museus, ou de outras instituições que têm o melhor suporte financeiro ou tecnológico. Como qualquer outro setor do patrimônio de uma nação, o arqueológico pertence a todos e está submetido ao controle estatal, pois é somente o Estado, na representação de todos os seus habitantes que deve, através da instrumentalização legal e institucional adequada, regular o estudo do mesmo, garantir sobre todas as coisas sua proteção e a sociabilização da informação produzida pelas investigações e a consideração das comunidades vinculadas, de alguma maneira aos sítios arqueológicos (ARDUENGO GARCÍA, 2009).

Portanto, é somente com a realização de uma iniciativa preocupada com essas condições de integração com grupos locais que poderemos criar um terreno propício para a configuração dos instrumentos políticos que auxiliem na gestão desse patrimônio. Assim, a realização de pesquisas arqueológicas subaquáticas com essa postura social/política consciente não só enquadra a Arqueologia regional dentro das perspectivas internacionais como também representará o primeiro passo para concretização de uma experiência desse porte no país, tendo em vista que onde a pesquisa arqueológica subaquática permite a incorporação de múltiplos personagens e múltiplas interpretações.

Atualmente, um dos maiores desafios da Arqueologia contemporânea é o de dialogar as práticas científicas com os vários contextos sociais onde elas se realizam. Cada vez mais arqueólogos consideram que o papel da ciência arqueológica não é apenas o de estudar, reconstruir ou interpretar o passado, mas o de perguntar-se para que e a quem serve esse conhecimento produzido (NOREÑA CORDONA e PALACIO SALDARRIAGA, 2007).

Mas, para que a socialização do conhecimento seja possível é fundamental o dimensionamento dos bens culturais localizados na paisagem sanfranciscana. Acreditamos que ao somarmos os esforços, a partir da participação da 3ª Expedição Científica do Rio São Francisco, conseguiremos atingir esse objetivo. Muito mais que resultados alcançados, o que nos propomos com o presente relatório, foi o de mostrar os caminhos que foram abertos e que, conseqüentemente, nortearão os próximos passos para a pesquisa na região. Na atual fase, buscou-se obter um entendimento das dinâmicas de pesquisa da iniciativa científica, para um melhor aproveitamento das potencialidades existentes, que podem corroborar com o desenvolvimento da Arqueologia. Apesar de por hora termos tido uma maior integração com a equipe de levantamento geofísico

(topologia), cabe reforçar que no processo de construção do conhecimento arqueológico, muitos outros dados, que são gerados por outras equipes (diferentes especialidades) da expedição, auxiliarão também na ampliação da nossa produção de conhecimentos sobre os contextos arqueológicos subaquáticos.

Em relação as escolhas das nossas posturas de pesquisa para as próximas edições, levando em consideração a intensa mobilidade do projeto no curso do rio, o que não nos possibilita estacionarmos muito tempo em um mesmo ponto, focaremos na prospecção e identificação de novos sítios arqueológicos e a sua integração na Carta Arqueológica proposta. Isso não significa que no futuro não poderemos forçar na investigação individual de sítios arqueológicos, com a implementação de escavações arqueológicas e outras técnicas de aprofundamento e registro do patrimônio, que demanda um maior tempo para serem desenvolvidas.

Entendemos que para essa fase embrionária do projeto, podemos alcançar mais dados e, conseqüentemente, obter mais ganhos científicos pensando em levantamentos mais amplos, aumentando nossas possibilidades futuras de investir maior tempo nos contextos que possam trazer um maior benefício local. Portanto, pensando nas ações de curto prazo a serem implantadas na 4ª Expedição Científica do Rio São Francisco (2021), buscaremos desenvolver, respaldados nas devidas autorizações de pesquisa, as inspeções subaquáticas das anomalias geofísicas, através da aplicação de técnicas de prospecção direta com utilização do mergulho, bem como realizar o aprofundamento dos contextos identificados na atual fase de pesquisa (2020), a fim de realizar o seus registros no *Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos*. A partir do momento que novos sítios serão registrados, continuaremos realizando os estudos de valoração do patrimônio, possibilitando a definição das estratégias mais adequadas de gestão para cada bem cultural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUTO, Felix A.; ZARANKIN, Andres. Introducción: aun sedientos. In: ZARANKIN, Andres; ACUTO, Felix A. (Org.). **Sed non satiata: teoría social en la arqueología latinoamericana contemporánea**. Buenos Aires: Ediciones del Tridente, p. 7-15. 1999.

ARDUENGO GARCÍA, Darwin A. El Patrimonio arqueológico. El pasado de cara a el futuro. In: **1º Foro Virtual de Arqueología e Patrimonio**. 2009

AGOSTINHO, Pedro. Para um programa de pesquisa sobre arqueologia, história e etnografia navais da costa brasileira: o projecto Archenave. **O Arqueólogo Português**, Lisboa, Série 4, n. 6/7, p. 367-378, 1988/1989.

ALVES, Francisco J. S. Para uma Carta Arqueológica do Patrimônio Náutico e Subaquático em

qualquer parte do mundo. In: **JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ARQUEOLOGÍA SUBACUÁTICA**, Santiago del Chile. 2001.

ARNOLD III, J. Barto; CLAUSEN, Carl. *A magnetometer survey with electronic positioning control and calculator-plotter system*. **Historical archaeology**. Tucson, v. 9, 1975.

BABITS, L. E.; TILBURG, H. V. **Maritime Archaeology: A Reader of Substantive and Theoretical Contributions**. New York: Plenum, 1998.

BASS, George F. **Arqueologia subaquática**. Lisboa: Verbo, 1969.

BASS, G. F. (Ed.). *Ships and shipwrecks of the Americas: a history based on underwater archaeology*. London: Thames and Hudson, 1988.

BANNING, E. B. **Archaeological Survey**. New York: Kluwer Academic; Plenum Publishers, (Manual in Archaeological Method, Theory and Technique). 2002.

BAVA DE CAMARGO, P. F. **Arqueologia das fortificações oitocentistas da planície costeira Cananéia/Iguape, SP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BAVA DE CAMARGO, Paulo; DURAN, Leandro D.; RAMBELLI, Gilson. Arqueologia Subaquática no Baixo Rio São Francisco, Sergipe/Alagoas, Brasil. In: **54º Congresso Internacional de Americanistas, 2018, Salamanca. Arqueología - Memoria del 56º Congreso Internacional de Americanistas**. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca, 2018. v. 2. p. 1066-1094.

BAVA-DE-CAMARGO, Paulo F.; FRAGA, Tiago M. **Acompanhamento Arqueológico da Dragagem do Acesso Marítimo e Bacia de Estacionamento do Cais do Terminal Teporset/Termitrena (TMF065)**. Relatório Preliminar. Estarreja: s. n., 2021. Relat. Téc. Versão 2, TMF065.07.

BIO TEIA ESTUDOS AMBIENTAIS. **Elaboração do Plano de Manejo Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luis. Produto 1**. Plano de Trabalho. Blumenau: s. n., 2020. Relat. Técnico.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: <<http://www.tse.jus.br/legislacao/codigo-eleitoral/constituicao-federal/constituicao-da-republica-federativa-do-brasil>> Acesso em: 07 set. 2020

BRASIL. Decreto Lei n. 10.166, de 27 de dezembro de 2000. Altera a Lei nº 7542, de 26 de setembro de 1986, que dispõe sobre a pesquisa, exploração, remoção e demolição de coisas ou bens afundados, submersos, encalhados e perdidos em águas sob jurisdição nacional, em terreno de marinha e seus acrescidos e em terrenos marginais, em decorrência de sinistro, alijamento ou fortuna do mar, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-10166-27-dezembro-2000-356794-publicacaooriginal-1-pl.html>> acesso em 07 set 2020.

BRASIL. Decreto Lei n. 1530, de 22 de junho de 1995. Declara a entrada em vigor da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982. DF: Presidência da República, [1995]. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1995/decreto-1530-22-junho-1995-435606-publicacaooriginal-1-pe.html>> Acesso em: 01 set. 2020.

BRASIL. Decreto Lei n. 3924 de 26 de julho de 1961. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. Brasília, DF: Presidência da República, [1961]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/13924.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/13924.htm)> Acesso em: 06 set. 2020.

BRASIL. Decreto Lei n. 7542, de 26 de setembro de 1986. Dispõe sobre a pesquisa, exploração, remoção e demolição de coisas ou bens afundados, submersos, encalhados e perdidos em águas sob jurisdição nacional, em terreno de marinha e seus acrescidos e em terrenos marginais, em

decorrência de sinistro, alijamento ou fortuna do mar, e dá outras providências. DF: Presidência da República, [1986]. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7542-26-setembro-1986-372124-normaatualizada-pl.html>> Acesso em: 06 set. 2020.

CAMERON, C.; NOELLE, L. Relatoría general. In: LUNA ERREGUERENA, P.; ROFFIEL, R. (Coord.). **Memorias del Congreso Científico de Arqueología Subacuática**. México, D. F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2001. p. 14-23.

DELGADO, J. P. (Ed.). *Encyclopedia of underwater and maritime archaeology*. London: British Museum, 1997.

DURAN, L. D. **Arqueologia Marítima de um Bom Abrigo**. 2008. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

EDGERTON, Harold E. *Underwater archaeological search with sonar*. **Historical Archaeology**, Tucson, v. 10, 1976.

ESPANHA. *La Arqueología subacuática en España*. Madrid: Ministério de Cultura, 1988.

ETCHEVARNE, Carlos. A ocupação humana do Nordeste Brasileiro antes da colonização portuguesa. **Revista USP**, São Paulo, v. único, n.1, 1999, p. 112-143.

FERNANDEZ-POSSE, M.; DE ÁLVARO, B. Bases para un inventario de yacimientos arqueológicos. **Actas de la Reunión en homenaje a Blas Taracena**. Valladolid: Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León, p. 65-72, 1993.

FERREIRA, Lúcio M. Transposição de identidades: o patrimônio arqueológico do Baixo São Francisco. In: SÁ, A. F. A. e BRASIL, Vanessa M. (org.). **Rio Sem História? Leituras sobre o Rio São Francisco**. ARACAJU: FAPES. 2005.

FUNARI, P. P. A. Arqueologia, História e Arqueologia Histórica no contexto sul-americano. In: FUNARI, P. P. A.(org.). **Cultura Material e Arqueologia Histórica**. Campinas: IFCH-UNICAMP, p. 7-34. 1998.

FUNARI, P. P. A. Desaparecimento e emergência dos grupos subordinados na Arqueologia brasileira. In: FUNARI, P. P. A. **Arqueologia e Patrimônio**. 1. Ed. Erechim: Habilis, p. 143-166. 2007.

FUNARI, P. P. Etnicidad, identidad y cultura material: un estudio del cimarron Palmares, Brasil, siglo XVII. In: ZARANKIN, Andres; ACUTO, Felix A. (Org). **Sed non satiata: teoría social en la arqueología latinoamericana contemporánea**. Buenos Aires: Ediciones del Tridente, p. 77-96, 1999.

GREEN, Jeremy. *Maritime Archaeology: A Technical Handbook*. Australia: Elsevier Academic Press. 2 ed., 2004.

GREGORY, D.; MANDERS, M. (eds.). **Best practices for locating, surveying, assessing, monitoring and preserving underwater archaeological sites**. SASMAP Guideline Manual 2. 2015.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (BRASIL). **Portaria n. 07, de 01 de dezembro de 1988. Estabelece os procedimentos necessários à comunicação prévia, permissões e autorizações para pesquisas e escavações em sítios arqueológicos e pré-históricos**. RJ: Presidência do IPHAN, [1988]. Disponível em:<[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria\\_n\\_007\\_de\\_1\\_de\\_dezembro\\_de\\_1988.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Portaria_n_007_de_1_de_dezembro_de_1988.pdf)> Acesso: 06 set. 2020.

NAUTICAL ARCHAEOLOGY SOCIETY. **Underwater archaeology: the NAS guide to principles and practice**. Editor: Amanda Bowens. Second Edition. Blackwell Publishing: PortsMount, 2009.

MAZEL, Charles. Nas profundezas do mar: tecnologia de ponta e arqueologia submarina. **O Correio da Unesco**, v. 18, n. 1, 1988.

NOREÑA CORDONA, Sandra Y. e PALACIO SALDARRIAGA, Lorena. Arqueología: ¿Patrimonio de la comunidade?. **Boletín de Antropología da Universidad de Antioquia**. Vol. 21, Nº 38, p. 292-311. 2007.

MANDERS, Martijn R., HANS K. Van Tilburg; STANIFORTH, Mark Unit 6: Significance Assessment, in: Manders, Martijn R. & Christopher J. Underwood (eds.), **Training Manual for the UNESCO Foundation Course on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage in Asia and the Pacific**, UNESCO Bangkok, 2012.

MARINHA DO BRASIL. DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. Normas da autoridade marítima para pesquisa, exploração, remoção e demolição de coisas e bens afundados, submersos, encalhados e perdidos – NORMAM-10/DPC. Brasília: Marinha do Brasil/ Diretoria de Portos e Costas, 2003. Disponível em: <[https://www.marinha.mil.br/dpc/sítioseletrônicos/www.marinha.mil.br/dpc/files/normam10\\_0.pdf](https://www.marinha.mil.br/dpc/sítioseletrônicos/www.marinha.mil.br/dpc/files/normam10_0.pdf)> Acesso em: 07 set. 2020.

MARTIN, Gabriela. O Povoamento Pré-histórico do Vale do São Francisco. Recife, **Revista CLIO – Série Arqueológica**, v. 1, n. 13, p. 9-41, 1998

MCGUIRE, R. H. A arqueologia como ação política: o projeto Guerra do Carvão do Colorado. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**. Suplemento, São Paulo, n. 3, p. 387-397, 1999.

MCGUIRE, R. H.; NAVARRETE, R. Entre motocicletas y fusiles: las arqueologías radicales anglosajona e hispana. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**. Suplemento, São Paulo, n. 3, p. 181-199, 1999.

MINISTÉRIO DA CULTURA (MinC) e MINISTÉRIO DO ESTADO DA MARINHA (MM) (BRASIL). Portaria nº69, de 23 de janeiro de 1989. Aprova normas comuns sobre a pesquisa, exploração, remoção e demolição de coisas ou bens de valor artístico, de interesse histórico ou arqueológico, afundados, submersos, encalhados e perdidos em águas sob jurisdição nacional, em terrenos marginais, em decorrência de sinistro, alijamento ou fortuna do mar DF: Ministério da Marinha, [1989]. Disponível em: <[https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-programas/servicos/copy\\_of\\_expedicao-cientifica/aex\\_29.pdf](https://www.gov.br/cnpq/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-programas/servicos/copy_of_expedicao-cientifica/aex_29.pdf)> Acesso em: 07 set. 2020.

MINISTÉRIO DA CULTURA/ INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (BRASIL). Portaria Nº 001, de 25 de MARÇO de 2015. Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_001\\_DE\\_25\\_DE\\_MARCO\\_DE\\_2015.pdf?fbclid=IwAR0DGB-L2eaHM2yiVPZD1DcMa3ssPd7bXtoJswzQe72lAqe0NpQWRO3uPcY](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/INSTRUCAO_NORMATIVA_001_DE_25_DE_MARCO_DE_2015.pdf?fbclid=IwAR0DGB-L2eaHM2yiVPZD1DcMa3ssPd7bXtoJswzQe72lAqe0NpQWRO3uPcY)> Acesso em: 06 set. 2020.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA/INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (BRASIL). Portaria Nº 196, de 18 de Maio de 2016. Dispõe sobre a conservação de bens arqueológicos móveis, cria o cadastro nacional de instituições de guarda e pesquisa, o termo de recebimento de coleções arqueológicas e a ficha de cadastro de bem arqueológico móvel. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21527421/do1-2016-05-23-portaria-n-196-de-18-de-maio-de-2016-21527267](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21527421/do1-2016-05-23-portaria-n-196-de-18-de-maio-de-2016-21527267)> Acesso em: 06 set. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Parcel de Manuel Luís, sítio Ramsar e parque marinho. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/12574-noticia-acom-2015-01-709.html>> Acesso em: 01 set. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (PARIS). A Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, reunida em Paris, realizada entre 15 de outubro a 3 de novembro de 2001,

na sua trigésima primeira sessão, reconheceu a importância do patrimônio cultural subaquático enquanto parte integrante do patrimônio cultural da humanidade. FR, PARIS: UNESCO [2001] Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/culture/themes/underwater-cultural-heritage/2001-convention/official-text/>> Acesso em: 07 set. 2020

PORTUGAL. Lei n. 107, de 08 de setembro de 2001. Estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do patrimônio cultural. PT: Assembleia da República [2001]. Disponível em: <<https://data.dre.pt/eli/lei/107/2001/09/08/p/dre/pt/html>> Acesso em: 01 jun. 2021.

PROUS, André; JUNQUEIRA, Paulo A.; MALTA, Ione M.. Arqueologia do Alto Médio São Francisco Região de Januária e Montalvânia. **Revista de Arqueologia**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 59-72, jun. 1984

PUJANTE, P. I. La carta arqueológica: una herramienta aplicada a la investigación del patrimonio arqueológico subacuático. In: **JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ARQUEOLOGÍA SUBACUÁTICA**, 1. Actas. Ed. por P. Pujante. Santiago de Chile: Universidad Internacional SEK, p. 4554, 2001.

RAMBELLI, Gilson. **A arqueologia subaquática e sua aplicação à arqueologia brasileira: o exemplo do baixo vale do Ribeira de Iguape**. 1998. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP: Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, São Paulo, 1998.

RAMBELLI, Gilson. **Arqueologia até debaixo d'água**. São Paulo: Maranta, 2002.

RAMBELLI, G. **Arqueologia subaquática do baixo vale do Ribeira**. 2003. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RAMBELLI, G. Reflexões sobre o patrimônio cultural subaquático e a Arqueologia. In: **Os caminhos do patrimônio no Brasil**. (Organizadores: Manuel Ferreira Lima Filho e Marcia Bezerra). Goiânia: Alternativa, p.153-69, 2006.

RAMBELLI, G. Preservação sob as ondas: a proteção do patrimônio subaquático no Brasil. **Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, v. 1, p. 136-151, 2007.

RAMBELLI, G. Entre o uso social e o abuso comercial: as percepções do patrimônio cultural subaquático no Brasil. **História** (São Paulo), v. 27, p. 49-74, 2008.

RAMBELLI, G. Patrimônio Cultural Subaquático no Brasil: discrepâncias conceituais, incongruência legal. In: FUNARI, Pedro Paulo; PELEGRINI, Sandra & RAMBELLI, Gilson. (Org.). **Patrimônio Cultural e Ambiental: questões legais e conceituais**. 1 ed. São Paulo: Annablume, v. 1, p. 59-76, 2009a.

RAMBELLI, G. A Arqueologia Subaquática no Brasil. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 8, p. 53-62, 2009b.

SANTOS, Luis Felipe Freire D. **Nas Águas do Velho Chico: Por uma Arqueologia de ambientes aquáticos do baixo rio São Francisco, Sergipe/Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia da Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, 2013.

SCATAMACCHIA, M. Cristina M.; RAMBELLI, G. Arqueologia regional e o gerenciamento do patrimônio arqueológico. **Revista de Arqueología Americana**, Universidad de Costa Rica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, p. 111-130, 2002.

SHANKS, M.; TILLEY, C. **Social theory and archaeology**. Oxford: Polity Press, 1987.

SOUZA, L.A.P. **Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasa**. Tese de Doutorado, Programa de Doutorado em Oceanografia Química e Geológica, USP, São Paulo, p. 311, 2006.

ZARANKIN, Andrés. **Paredes que domesticam: Arqueologia da Arquitetura Escolar Capitalista. O caso de Buenos Aires.** Campinas. CHAA-IFICH - UNICAMP/FAPESP. 2002.

# 6

## Diagnóstico microbiológico e da qualidade de água nas margens dos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco

Vivian Costa Vasconcelos<sup>1</sup>, Anita Neves Santisteban <sup>2</sup>, Lucas de Oliveira Arruda<sup>2</sup>, Emilly Valentim de Souza<sup>2</sup>, Themis Jesus Silva<sup>3</sup>, Maraísa Bezerra de Jesus Feitosa<sup>3</sup>, Emerson Carlos Soares<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>2</sup>Graduandos em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>3</sup> Bióloga, Doutora em Ciências da Saúde, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>4</sup> Professor Doutor, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

### RESUMO

A investigação das condições da qualidade de água e microbiológicas, por meio da análise dos coliformes e microrganismos bioindicadores de possível presença de patógenos, ajuda compreender a real situação do lançamento de efluentes domésticos e a qualidade do ambiente. O presente trabalho objetivou analisar os níveis de coliformes totais, *Escherichia coli* e qualidade de água, a montante e jusante de dez pontos entre os municípios de Piranhas- AL e Piaçabuçu-AL (trecho de 240 km), situados no Baixo São Francisco em 2020. A exemplo do ocorrido nos anos de 2018 e 2019, foi observado contaminação em todos os pontos de coleta, com significativo incremento destes, nas regiões de Penedo/AL e Piaçabuçu/AL (>8 NMP/100 mL). Baseado, nos 3 anos de coleta, percebe-se a necessidade urgente de implantar sistemas de tratamentos de efluentes, esgotamento sanitário e educação ambiental em todos os municípios ribeirinhos estudados, com intuito de melhorar a saúde dos ecossistemas aquáticos e da população.

**Palavras-chave:** Saneamento, bioindicadores, Rio São Francisco, saúde pública.

## INTRODUÇÃO

O acesso a água potável não é uma realidade para milhões de pessoas no mundo, a medida que 2,6 bilhões de habitantes não possuem acesso a saneamento básico, aproximadamente 80% das doenças detectadas em países subdesenvolvidos são disseminadas através da água contaminada, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS). A cada ano cinco milhões de pessoas, dois milhões destas são crianças entre 0 a 5 anos, vão a óbito pela falta ou deficiência de saneamento básico (ANDRAUS, 2006). Em 2010, cerca de 884 milhões de pessoas no mundo não possuía acesso à água potável, ao monitorar durante cinco anos, os resultados permaneceram inalterados, isto mostra a necessidade do acesso a benefícios, como aplicação de recursos sanitários pela população (UNICEF, 2015).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui uma extensão de 2.863 km<sup>2</sup>, tem sua nascente situada em Minas Gerais, na Serra da Canastra e deságua no Oceano Atlântico, entre os estados Alagoas e Sergipe. É dividida, em quatro regiões geográficas, sendo elas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, percorre 505 municípios, em seis estados, sendo eles Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, além do Distrito Federal. Englobando todas essas regiões, possui uma população ribeirinha de aproximadamente 15 milhões de habitantes (CBHSF, 2014). Esse é um importante recurso hídrico, sendo essencial para a vida, sua condição de potabilidade reflete diretamente na saúde e economia por onde passa (ANA, 2019).

Sua população ribeirinha corresponde aproximadamente 15 milhões de habitantes, desses, 54% se localiza na região do semiárido, aonde há períodos críticos de estiagem e, além disso, essa bacia possui os reservatórios de Três Marias (Minas Gerais), Sobradinho, Paulo Afonso e Itaparica na Bahia, e Xingó (entre Alagoas e Sergipe), o que causa uma diminuição ainda mais significativa no volume do rio. Por essa modulação, há quase oito anos, o rio vem sofrendo com a média das baixas vazões, em decorrências do armazenamento nos reservatórios. Além da pressão do sistema hidroelétrico, é crescente a demanda do uso de suas águas para os mais diversos fins, gerando uma preocupação constante nas estratégias de conservação e utilização das águas (CBHSF, 2014)

Segundo Lustosa *et al.*, (2008) e Cruz *et al.*, (2015), no Baixo São Francisco, há elevação das atividades agrícolas e turísticas que são condicionados a boa qualidade ambiental do rio São Francisco, porém são muitos os impactos negativos em toda a sua

extensão, entre os quais destacamos o desmatamento de suas margens, a poluição e as grandes hidrelétricas, e introdução espécies invasoras.

O rio apresenta um enorme potencial e garante fornecimento de energia elétrica para diversas regiões, com isso existe a necessidade de conciliar os diversos usos da água bem como a manutenção da qualidade da mesma para a sobrevivência dos organismos aquáticos que ali vivem. Com isso, faz-se necessário medidas para o controle da vazão de água e geração de energia. Atualmente existem instaladas 3 hidrelétricas no Rio São Francisco, a de Três Marias em Minas Gerais, Sobradinho em Paulo Afonso e Itaparica na Bahia e Xingó, entre os estados de Alagoas e Sergipe, esse recurso está passando por situações hidrológicas de vazões e precipitações baixas desde 2013, decorrente dos volumes de água armazenada nos reservatórios instalados (CBHSF, 2014). O que causa grande preocupação para a população ribeirinha do Baixo São Francisco, impactada diretamente por tal situação.

Os ambientes aquáticos sem saneamento são diagnosticados como poluídos e alterados ecologicamente, os organismos e os seres humanos são prejudicados direta ou indiretamente, quer seja sua vida ou bem-estar, com danos aos recursos naturais, como a água e o solo, além de prejudicar as atividades econômicas como a pesca e a agricultura (NASS, 2002). As atividades antrópicas causam a má qualidade da água, quando as descargas de efluentes domésticos, industriais, agrícola, carga difusa urbana, são lançados *in natura*, se tornam os responsáveis pela poluição desses recursos hídricos (ALVES et al., 2008).

Os indicadores microbiológicos específicos da água são estudados através de análises e biomonitoramento, os mais comuns pesquisados pertencem a família Enterobacteriaceae (MATTOS & SILVA, 2002). Para estudos limnológicos, os coliformes fecais proveniente de fezes de animais, que se multiplicam com maior frequência na água, atraem grande atenção da saúde pública, pois estão diretamente relacionados a várias patologias e são responsáveis pela causa da maioria das doenças intestinais infecciosas em humanos (ANDRADE, 2008; NASCIMENTO & ARAÚJO, 2013).

Segundo Illi et al. (2003), a análise dos coliformes em ambientes aquáticos, fornecem informações confiáveis para avaliação dos aspectos sanitários. Estes agem como indicadores de poluição fecal, pois são presentes no trato intestinal de animais que eliminam ampla quantidade nas fezes.

Coliforme total é um grupo que inclui bactérias Gram-negativas na forma de bastonetes, não esporogênicas, aeróbias ou aeróbias facultativas, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. Esse grupo inclui as cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella* de origem não fecal, e os gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, que habitam no trato gastrointestinal, sendo a *Escherichia coli* indicadora de contaminação fecal (SILVA, 1997).

Dentre as legislações do Ministério da Saúde que rege a potabilidade de água e abastecimento, destacam-se a de nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, que fundamenta responsabilidades do controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, determina os níveis de patógenos de acordo com número de amostras em virtude do número de habitantes e a de nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, que determina a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ambas as portarias determinam a ausência de coliformes e *E. coli* em 100 mL das amostras analisadas.

De acordo com o Diário Oficial da União (2021), que dispõe a portaria de número GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, do ministério da Saúde, essa se aplica em regiões que possua acima de 20.000 habitantes e dispõe metodologias de coleta e controle da qualidade da água para consumo humano, que devem ser realizadas na saída dos tratamentos, sistema de distribuição e pontos de consumo e determina como padrão de potabilidade ausência de coliformes e *E. coli* em 100 mL ou em 95% das amostras analisadas mensalmente, (BRASIL, 2005). Ainda, de acordo com o Ministério da Saúde, por meio de sua portaria de nº 518/2004, a ausência total de coliformes totais e *E. coli* na água, reflete em padrões adequados de potabilidade para consumo humano.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar análises microbiológicas de coliformes totais e *E. coli*, além do nível de poluição em dez pontos situados ao longo do Baixo São Francisco durante a III Expedição Científica realizada em 2020.

## **METODOLOGIA**

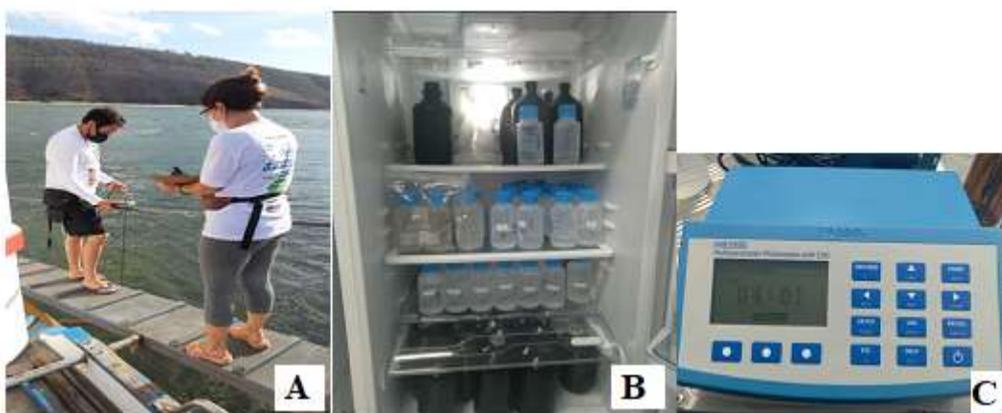
### ***Coleta***

As coletas foram realizadas durante a III Edição da Expedição Científica do Baixo São Francisco, durante o período de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020. As amostras foram coletadas a montante e a jusante de diversos municípios situados ao longo do Baixo São Francisco, sendo eles: Piranhas-AL (PI), Pão de Açúcar/AL (PA), Traipu-AL (TR), Porto real do Colégio/AL (PR), Igreja Nova/AL (IN), Penedo/AL (PE), Piaçabuçu/AL (PU), Foz do São Francisco e o município de Brejo Grande/SE (BG).

As amostras foram coletadas e acondicionadas em recipientes estéreis, com volume de 250 mL e posteriormente armazenado em refrigerador em temperatura de 8°C. As análises foram realizadas no Laboratório de Aquicultura e Análises de Água LAQUA (CECA-UFAL).

*In loco* foram analisados alguns parâmetros físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, turbidez, potássio, nitrito, amônia, sulfato, fósforo, ORP e TDS) com auxílio de uma sonda multiparamétrica – HANNA (HI9328) e fotômetro HANNA (HI3399) (Figura 1) e comprovados em laboratório por espectrofotometria da marca Merck.

Figura 1: Passos metodológicos da coleta e análise da água. (A) Parâmetros aferidos *in loco* Utilização da sonda multiparamétrica. (B) Amostras armazenadas em refrigeração a 8°C. (C) Análises dos parâmetros limnológicos através de fotômetro.



### ***Teste dos tubos múltiplos***

Para as análises de coliformes totais e *E. coli* foi utilizada a técnica do substrato enzimático ou método do substrato cromogênico AQUATEST COLI®–ONPG MUG, registrado na ANVISA sob o número 100.970.10.149, esse é um teste de presença/ausência, que é adotado pela praticidade de manuseio, baixo custo benefício, confiabilidade e precisão, além, do rápido tempo de resposta, em função da determinação simultânea de coliformes totais e *E. coli*, não havendo necessidade de outros ensaios confirmativos. Esse método é fundamentado nas atividades enzimáticas específicas dos coliformes e *E. coli*, faz uso de ONPG (orto-nitro-fenolgalactopiranosídeo) e MUG (umbeliferol-glucuronidase), dois nutrientes utilizados como fonte de carbono e

metabolizados pelos coliformes totais através da enzima  $\beta$ -galactosidase e para *E. coli* pela enzima  $\beta$ -glucuronidase.

Esta técnica determina ausência e presença, e ocorre pela mudança de cor na amostra após o período de incubação entre 18 a 24 horas, a 35°C em estufa bacteriológica. Se a cor amarela é observada, significa que coliformes totais estão presentes, se a fluorescência de cor azul/esverdeada é observada sob luz ultravioleta (UV) em comprimento de onda de 365 nm (Figura 2), os resultados para *E. coli* serão positivos, e expressos como resultados quantitativos baseando-se na Tabela de Número Mais Provável (NMP) (Tabela 01). As Tabelas para obtenção do NMP de coliformes são baseadas na aplicação da distribuição de Poisson e correspondem a uma estimativa estatística de concentração.

Figura 2: Esquema do método de substrato enzimático específico AQUATEST® COLI-MUG para coliformes totais e *E. coli*, análise realizada utilizando 100 mL da amostra, divididas em cinco tubos de ensaio de 20 mL. Fonte: Vivian Costa Vasconcelos.

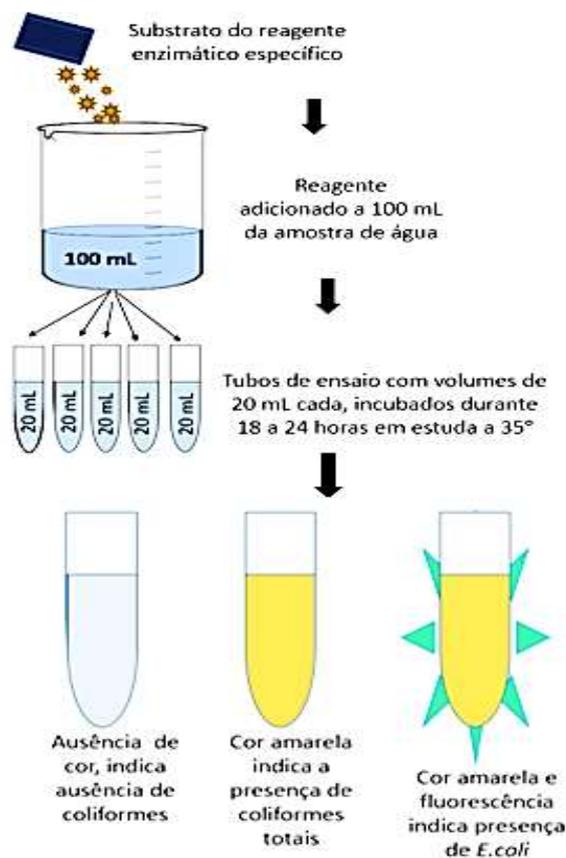


Tabela 1: Número mais provável (NMP) para 5 porções de 20 mL, com volume total da amostra de 100 mL.

Tubos positivos	NMP/100mL
0	< 1,1
1	1,1
2	2,6
3	4,6
4	8
5	> 8,0

Para determinação de *E. coli* a enzima  $\beta$ -glucuronidase metaboliza o 4-methylumbeliferil- $\beta$ -D-glucuronide (MUG), esta enzima hidrolisa o substrato emitindo fluorescência sob luz ultravioleta (UV).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar a presença de coliformes totais, em todos os pontos de coleta, com valores acima do limite indicado pela resolução CONAMA n.357, de 17 de maio de 2005. Os resultados das análises microbiológicas, em todos os pontos amostrados, indicaram a presença de coliformes e *E. coli*, fora dos padrões estabelecidos pela legislação vigente (Tabela 02). Foi possível observar *in loco* problemas vários pontos de lançamento de efluentes *in natura*, com despejo de esgoto domésticos e sem tratamento em vários pontos as margens dos municípios ribeirinhos ao rio São Francisco. Nossos achados foram semelhantes aos de Rodrigues et al. (2009), que exibiram condições higiênico-sanitárias insatisfatórias em ambientes aquáticos com derramamento de esgoto doméstico ou presença de animais próximo às margens dos rios estudados.

Os municípios de Piranhas e Traipu apresentaram níveis de coliformes e *E. coli* acima de 8 NMP (Número Mais Provável). Uma das explicações mais plausíveis, pode estar relacionada com a maior retenção de água, e conseqüentemente, de nutrientes, compostos químicos e esgotos domésticos, proporcionada pela usina hidrelétrica de Xingó, durante os meses de seca. E, logo em seguida, com a primeiras liberações de vazão durante os meses de outubro e novembro (período úmido e de chuvas a montante de Xingó), libera em grandes quantidades estes compostos e substâncias, interferindo na ciclagem de nutrientes e ciclos biogeoquímicos, não dando tempo para os microorganismos e biota aquática, assimilarem estas moléculas. Adicionalmente, as próprias cidades produzem sua cota de poluentes, acarretando numa saturação do sistema.

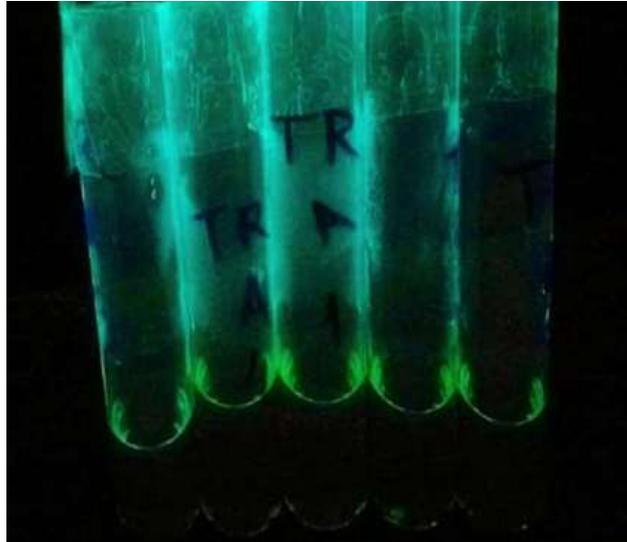
Tabela 2: Número mais provável (NMP) encontrado nos locais de coleta: Piranhas, Traipú, Pão de Açúcar, Igreja Nova, Porto Real do Colégio, Propriá, Penedo, Piaçabuçu, Foz do São Francisco Brejo Grande.

TABELA NMP (Número mais provável)				
Pontos de coleta	Direção	Tubos positivos em 100 mL		Número mais provável NMP NMP/100mL
		Coliformes totais e	<i>Escherichia Coli</i>	
Piranhas/AL	Montante	4		8
Piranhas/AL	Jusante	4		8
Piranhas/AL	1 km de Piranhas	5		> 8
Traipú/AL	Montante	5		> 8
Traipú/AL	Jusante	4		8
Pão de açúcar/AL	Montante	3		4,6
Pão de açúcar/AL	Jusante	3		4,6
Igreja Nova/AL	Montante	5		> 8
Igreja Nova/AL	Jusante	5		> 8
Porto Real do Colégio/AL	Montante	2		2,6
Porto Real do Colégio/AL	Jusante	2		2,6
Propriá/SE	1 Km de Propriá	4		8
Penedo/AL	Montante	5		> 8
Penedo/AL	Jusante	5		> 8
Piaçabuçu/AL	Montante	5		> 8
Piaçabuçu/AL	Jusante	4		8
Foz/AL	Montante	0		< 1,1
Foz/AL	Jusante	3		4,6
Brejo Grande/SE	Montante	3		4,6
Brejo Grande/SE	Jusante	4		8

Os municípios de Pão de Açúcar e Porto Real do Colégio apresentaram os menores valores de NMP (2,6 NMP/100mL). Uma das hipóteses é que possivelmente, com a diluição destes efluentes ao longo da calha do rio, e assimilação pela biota aquática, os coliformes restantes, são oriundos do próprio município (Tabela 2). Contudo, outros fatores podem estar correlacionados, tais como; menor aporte de efluentes lançados no rio por estas cidades, geomorfologia da região, que pode favorecer maior dispersão, etc, portanto, mais estudos necessitam ser realizados para correlacionar estes fatores.

Os municípios de Penedo e Piaçabuçu, mais próximos do estuário, apresentaram níveis altos de contaminação por coliformes (>8 NMP/100mL). As justificativas para explicar tais dados devem-se a barreira geoquímica do estuário, que influencia a hidrodinâmica da região, pela maior quantidade de pontos de lançamentos de efluentes encontrados nestes dois municípios, possuírem maior adensamento populacional e pela geomorfologia da região.

Figura 3: Coliformes totais e *E. coli* presentes nas amostras de Traipu/AL, os cinco tubos de ensaio, apresentando fluorescência de cor azul/esverdeada sob luz ultravioleta (UV) em comprimento de onda de 365nm, os resultados quantitativos baseia-se na Tabela de Número Mais Provável (NMP). Fonte: Vivian Costa Vasconcelos.



As altas concentrações de coliformes totais e *E. coli* encontradas em Piranhas, Traipu, Penedo e Piaçabuçu em 2019 (vazão média de 1.500 m<sup>3</sup>/s), permaneceram altas em 2020, mesmo com vazão superior (2.600 m<sup>3</sup>/s), em relação ao ano anterior (Figura 4). Estes dados justificam a importância urgente de saneamento básico e tratamento dos efluentes devido a saturação do ecossistema, proporcionado por grandes diminuições de vazões e acúmulo de nutrientes no sedimento e na coluna da água (Tabela 3).

Os resultados da análise de variância, entre índices de coliformes e vazão, indicaram diferenças significativas ( $P = 0,14$ ) (Tabela 3 e Figura 4).

Por outro lado, sugere-se que as vazões sejam liberadas de forma gradativa e por um maior espaço de tempo, entende-se que desta maneira a recuperação do ambiente e da água será mais êxitosa, com possível diminuição de enfermidades, pois Zorzini et al. (2011), considera a água de má qualidade um vetor de alta potencialidade de transmissão de vários tipos de doenças e enfermidades.

Tabela 3: Coliformes totais e *E. coli* de 2019 e 2020 em função da vazão.

<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(AJ.)</b>	<b>QM (Aj.)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
<b>Vazão média m<sup>3</sup>/s</b>	14	41.75	2.9821	3.12	<b>0.014</b>
<b>Erro</b>	17	16.25	0.9559		
<b>Total</b>	31	58.00			

Os valores de nitrito variaram bastante ao longo do percurso do rio, apresentando os dois maiores picos em Pão de Açúcar e Traipu, onde os valores encontrados de 46,0 mg/L e 56,0 mg/L, excederam o valor limite para água potável (1,0 mg de NO<sub>2</sub>) (BRASIL, 2004). O nitrito reflete o estado de oxidação intermediário do nitrogênio, e pode ocorrer tanto pela redução de nitrato como pela oxidação de amônio (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

O sulfato é uma variável que ajuda no entendimento sobre efeitos da poluição promovida por esgotos e efluentes. Foram observados valores abaixo do indicado pela legislação que (250 mg/L). É importante reforçar que a alta vazão praticada durante o período de coleta, pode ter servido para reduzir e diluir a concentração de alguns parâmetros nas áreas de captação de água, inclusive do próprio sulfato.

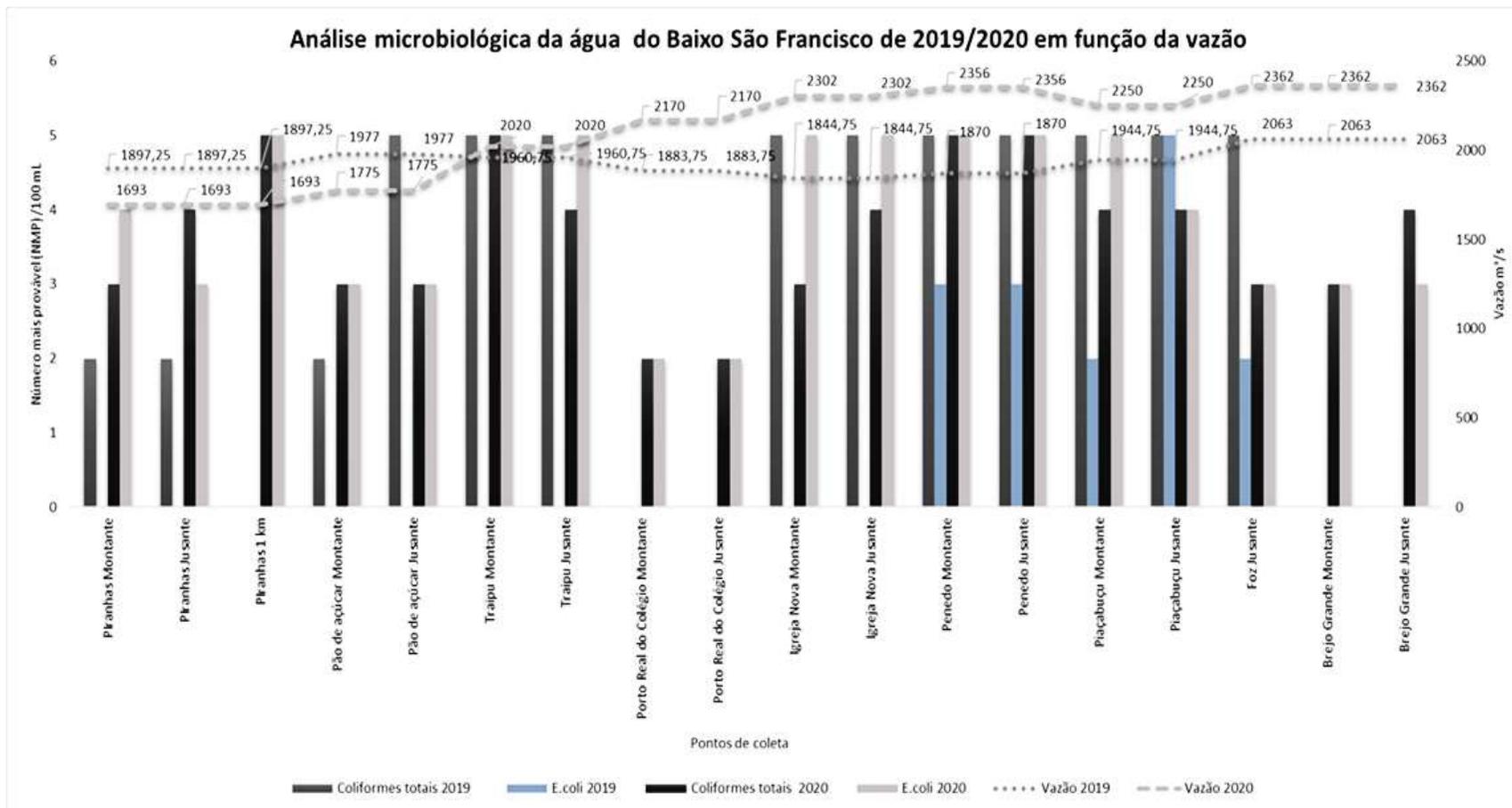
Os valores de potássio obtidos nas amostras, apresentaram maior variação nos municípios de Traipu, Penedo e Piaçabuçu, com valores acima de 8,4 mg/L. Comparando-se as áreas de captação de água para abastecimento das cidades, os valores de potássio encontrados mantiveram-se superior a 4,2 mg/L, com picos de valores 1,0 km antes do ponto de captação de água da cidade, com destaques para os municípios de Traipu com 8,4 mg/L, Penedo com 8,6 mg/L e Piaçabuçu com 11,0 mg/L.

Devido ao processo de degradação da matéria orgânica por meio biológico, a amônia ocorre em baixas concentrações no ambiente de água natural. Podendo encontrar concentrações maiores em efluentes industriais e esgotos (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Os valores de amônia mensurados mantiveram-se dentro dos limites toleráveis pela legislação. Contudo Propriá e Igreja Nova, apresentaram valores mais significativos, entre 0,71mg/L e 0,34mg/L, respectivamente.

O fósforo é essencial ao crescimento dos organismos, o teor existente em um corpo de água pode ser considerado um fator limitante (PIVELI; KATO, 2005). Tanto processos naturais como ações antropogênicas podem estar relacionados com a presença de fósforo. Com exceção de Propriá, Igreja Nova e Porto Real, que apresentaram

respectivamente valores de 0,15 mg/L, 0,17 mg/L e 0,20 mg/L, todos os outros pontos de coleta apresentaram valores abaixo de 0,05 mg/L (Tabelas 4 e 5).

Figura 4: Análise microbiológica de coliformes totais e *E. coli* de 2019 e 2020 em função da vazão. Fonte: Vivian Costa Vasconcelos



**Tabela 4:** Parâmetros físico-químicos nas margens dos municípios estudados no Baixo Rio São Francisco.

Id ponto		Parâmetros (mg/L)					
		Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N)	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Potássio (K)	Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> )	Amônia (NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )
Piranhas/AL	Montante	2	1	7,9	29	< 0,001	< 0,001
	Meio	1	1	4,2	30	< 0,001	0.02
	Jusante	23	< 0,001	4,08	31	0,07	< 0,001
Pão de Açúcar/AL	Antes	46	< 0,001	5	28	< 0,001	< 0,001
	Jusante	46	1	4,9	26	< 0,001	< 0,001
Traipu/AL	Montante	56	1	8,4	30	< 0,001	< 0,001
	Jusante	1	< 0,001	4,6	28	< 0,01	< 0,001
Porto Real/AL	Montante	3	< 0,001	5,4	32	0,71	0.15
	Jusante	3	< 0,001	4,9	25	0,15	< 0,001
Igreja Nova/AL	Montante	13	< 0,001	4,4	23	< 0,001	< 0,01
	Jusante	9	< 0,001	4,5	19	0,34	0.17
Propriá/SE	Montante	37	< 0,001	5,7	30	0,27	0.20
Penedo/AL	Montante	1	< 0,001	8,6	25	0,04	0.05
	Jusante	29	< 0,001	4	21	0,06	0.04
Piaçabuçu/AL	Antes	17	< 0,001	11	25	< 0,001	< 0,01
	Jusante	22	1	5,4	24	< 0,001	0.01
Foz/AL	Montante	12	82	42,6	37	0,01	0.02
	Jusante	28	87	39	40	< 0,001	0.03
Brejo Grande/SE	Montante	11	1	5,1	20	< 0,001	0.01
	Jusante	20	<0,001	4,8	24	< 0,001	0.01

**Tabela 5** – Parâmetros físico-químicos da água obtidos pela sonda multiparamétrica do Baixo Rio São Francisco.

<b>Parâmetros</b>	<b>Id ponto</b>	Condutividade ( $\mu\text{s/cm}$ )	ORP (mV)	O.D (mg/L)	pH	Resistividade (M $\Omega$ .cm)	Salinidade (PSU)	TDS mg/L	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Turbidez (FTU)
Piranhas/AL	Montante	69	267	4,6	7,34	0,0016	0,023	267	26,5	
	Jusante	70	292	4,2	7,5	0,014	0,03	35	27,5	
	Ponto do barco	65	319,6	4,95	7,15	0,015	0,03	32	25	0,2
Pão de açúcar/AL	Montante	63	141,6	2	8,11	0,016	0,03	31		
	Jusante	61	181,9	2,56	8,04	0,016	0,03	31		102
	Ponto do barco	61	227,6	3,43	7,53	0,016	0,03	30	25,68	0,9
Traipu/AL	Montante	72	109,7	1,86	7,8	0,013	0,03	39	27,4	5,5
	Jusante	65	138	2,28	7,9	0,015	0,03	33	26,9	3,8
	Ponto do barco	63	162	3,06	7,8	0,016	0,03	31	26	2,6
Porto Real/AL	Montante	83	183	3,45	7,6	0,012	0,04	42		
	Jusante	62	194	3,76	7,6	0,016	0,03	31		45,7
	Ponto do barco	64	203	4,57	7,6	0,016	0,03	31	26,2	62
Igreja Nova/AL	Montante	68	175,9	2	7,69	0,0147	0,04	34		
	Jusante	58	194,6	2,46	7,6	0,0172	0,03	29		
	Ponto do barco	62	200	3	7,4	0,0161	0,03	31	26,01	
Penedo/AL	Montante	76	190,4	1,89	7,5	0,013	0,03	38	26,51	8,4
	Jusante	64	185	2,46	7,61	0,016	0,03	32	26,87	9
	Ponto do barco	65	188,9	2,63	6,64	0,015	0,03	33	26,4	9,7
Piaçabuçu/AL	Montante	88	204	1,69	7,69	0,014	0,04	44	26,68	22
	Depois	73	188,5	2,58	7,7	0,0137	0,03	36	27,16	19
	Ponto do barco	65	197,2	3,43	7,51	0,0154	0,03	33	26,39	6,3
Foz/AL	Montante	1,385	255	1,49	7,48	0,0007	0,69	694	26,87	726
	Jusante	1,657	235	1,93	7,52	0,0006	0,63	830	28,23	18,2
	Ponto do barco	1,13	223	2,77	7,62	0,0009	0,55	560	26,44	11

\*montante e jusante referem-se ao ponto de captação de água de cada município estudado, num distanciamento de 250 metros de cada ponto de amostragem. Ponto barco refere-se ao ponto de captação de água onde o barco estava localizado naquela cidade. ORP – potencial óxido/redução. OD – Oxigênio dissolvido. PSU - Unidade de Salinidade Prática. TDS - sólidos totais dissolvidos.

## CONCLUSÕES

As análises microbiológicas realizadas neste trabalho demonstraram que as amostras de água de todos os pontos de coleta analisados, estão fora dos padrões de potabilidade para consumo humano e outros fins, padrões estabelecidos por diversas portarias (nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, de nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, nº GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021), ambas, determinam a ausência de coliformes e *E. coli* em 100 mL das amostras.

Fatores como: diminuição da vazão, maior adensamento populacional, ausência de políticas de educação ambiental, ausência de sistemas de tratamentos de esgotos e saneamento básico, lançamentos de esgotos *in natura* e limitação de políticas públicas voltadas para a questão ambiental, contribuem o agravamento da qualidade de água e para possíveis enfermidades decorrentes de micro-organismos.

## AGRADECIMENTOS

Gratidão a todas as instituições que colaboraram para a realização dessa terceira Expedição Científica do Baixo São Francisco, ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Secretária de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas (SEMARH-AL), a CODEVASF, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), aos pescadores e toda tripulação pelo apoio e profissionalismos, ao apoio da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), a equipe de pesquisadores do Laboratório de Aquicultura e Análises de Água (LAQUA) e a toda equipe de pesquisadores que contribui com esse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA, E. E. F.; CARNIEL, A. Avaliação da Qualidade da Água da Bacia do Rio Pirapó– Maringá, Estado do Paraná, por Meio de Parâmetros Físicos, Químicos e Microbiológicos. Maringá.; **Acta Science and Technology**, nº1, v. 30, 2008.

ANDRAUS, S. Aspectos microbiológicos da qualidade sanitária das águas do mar e areias das praias de Matinhos e Guaratuba-PR. **Trabalho de conclusão de curso de Ciências Agrárias**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 124p. 2006.

ANDRADE, N.J. Higiene na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos, São Paulo, **Varela**. p. 412, 2008.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). 2004. **Ministério da Saúde**, Brasil. Resolução nº 518, 25 de março de 2004. RDC nº 54, acesso:10 de junho 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do desenvolvimento Regional. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, 2019. Disponível em <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf> > Acesso em 19/06/2021.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Ministério da saúde**. Brasília, 2005 [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria\\_518\\_2004.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf) Acesso em 27/06/2021.

CONAMA Nº 357- "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." Data da legislação: 17/03/2005 – Publicação. v. 53, p. 58-63, 2005.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A Bacia. CBHESF**. 2014. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO; **Ministério da Saúde**. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. v. 85. p, 127. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/msn888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 20 de maio 2021.

ILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C. & NEVES, M.C.P. Diversidade microbiana como indicador da qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 2, p. 391- 411, 2003.

LUSTOSA, M.C.J.; LAGES, A.M.G.; ARAUJO, J.S.; COSTA, F.J.C. **O Velho Chico e sua nova cadeia produtiva: diagnóstico da piscicultura alagoana**. EDUFAL. p.99. 2008.

MORAIS, W. A., et al. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás. Brasil, **Caderno de Saúde Coletiva**, n. 24, v. 3, p. 361-367, 2016. Disponível em:. Acesso em: 21/06/21 as 21:30.

MATTOS, M.L.T.; SILVA, M.D. Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na microbacia hidrográfica Arroio Passo do Pilão. Pelotas. **Embrapa Clima Temperado**, p. 2, 2002.

MEDEIROS, P.R.P. Determinação da carga de nutrientes no Rio São Francisco, na região de sua Foz. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terras na Bacia do São Francisco ANA/GEF/PNUMA/OEA. Universidade Federal de Alagoas, **Resumo executivo do relatório Final**. p. 59, 2003.

NASCIMENTO, V.F.S.; ARAÚJO, M.F.F. Ocorrência de bactérias patogênicas oportunistas em um Reservatório do Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. **Ciências Ambientais**. n. 1, v. 7, p. 91-104. 2013.

NASS, D.P. **O conceito de poluição**, 2002 Disponível em <<http://files.professora-mirtes.webnode.com/200000113-738c57486a/O%20conceito%20de%20poluição.pdf>> Acesso em 21 maio 2021.

SILVA, N. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. **Livraria Varela**, p.31,1997.

PARRON, L.; MUNIZ, D.; PEREIRA, C. Manual de procedimentos de amostragem e análises físico-química de água. Colombo, Paraná, 2011 p. 14-21, Disponível em: < [Doc232ultimaversao.pdf](#) (embrapa.br)>. Acesso em: 19 jan 2021.

RODRIGUES, J. R. D. D.; JORGE A. O. C.; UENO, M. Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do rio Piracuama-SP. **Biociências**, n. 2, v. 15, p. 88-94, 2009.

UNICEF.; Fundo das nações unidas para a infância, Progresso em saneamento e água potável. **Organização Mundial da Saúde**. p. 80, 2015.

ZORNIN, F. M. et al. Análise da qualidade da água do Ribeirão Sobradinho. Distrito Federal. **Contaminação Ambiental e Qualidade de Vida**. p.107-118, 201.

Tatiane Luciano Balliano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professora, Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas

## **A – PLANTAS MEDICINAIS**

### **1 - Introdução**

A busca por novas moléculas capazes de desempenhar qualquer atividade biológica tem sido expressiva, tanto pela academia quanto pelas agroindústrias e corporações farmacêuticas. No entanto, nem sempre é fácil à obtenção de novas moléculas, seja através da síntese química ou de fontes naturais, e que apresentem os requisitos necessários para ser um bom candidato para estudos biológicos. Quando se trata de produtos de síntese, é importante ressaltar, que é necessária muita criatividade, uma vez que já existem caracterizadas centenas de milhares de moléculas, tornando cada vez mais difícil a obtenção de compostos totalmente inéditos.

Por outro lado, os produtos naturais - PN, desde tempos remotos vêm sendo usados para fins medicinais. Na academia, centro de pesquisas e indústrias de farmacêuticas principalmente, os produtos naturais já foram bastante explorados como fonte para novas moléculas, no entanto, seu emprego pela indústria de fármacos sofreu uma queda considerável devido ao avanço tecnológico, pois surgiram técnicas de varredura teórica de compostos sintéticos a partir de bibliotecas virtuais, que não existiam para produtos naturais, fazendo com que a descobertas de novos fármacos a partir de fontes naturais se tornasse inviável do ponto de vista econômico. A evolução do emprego de PN com fonte de novas moléculas mostra o número de patentes que incluem em suas reivindicações o uso de produtos naturais como fármacos (em laranja) ao longo dos anos (Figura 1) (FRANK E.KOEHN E GUY T.CARTER, 2005).

Há um aumento crescente do emprego de PN na química medicinal, no entanto, fica claro também que à medida que o tempo passa, ocorre uma desaceleração do

crescimento desse uso (Figura 1). Contudo, depois de todos os mecanismos de modernização das indústrias de fármacos, e com avanço nítido das metodologias de desenvolvimento e descobertas de novas moléculas, observa-se um investimento no que diz respeito à criação de abordagens no campo dos PNs, pois já há algum tempo vem sendo criadas também bibliotecas de compostos proveniente apenas de fontes naturais, fazendo com que se olhe novamente nessa direção (Figura 2), tornando mais rápido o uso desses, no planejamento de moléculas bioativas (Alan L. Harvey, RuAngelie Edrada-Ebel e Ronald J. Quinn, 2015)

Figura 1. Número de patentes que reivindicam o uso de PN como fármacos.

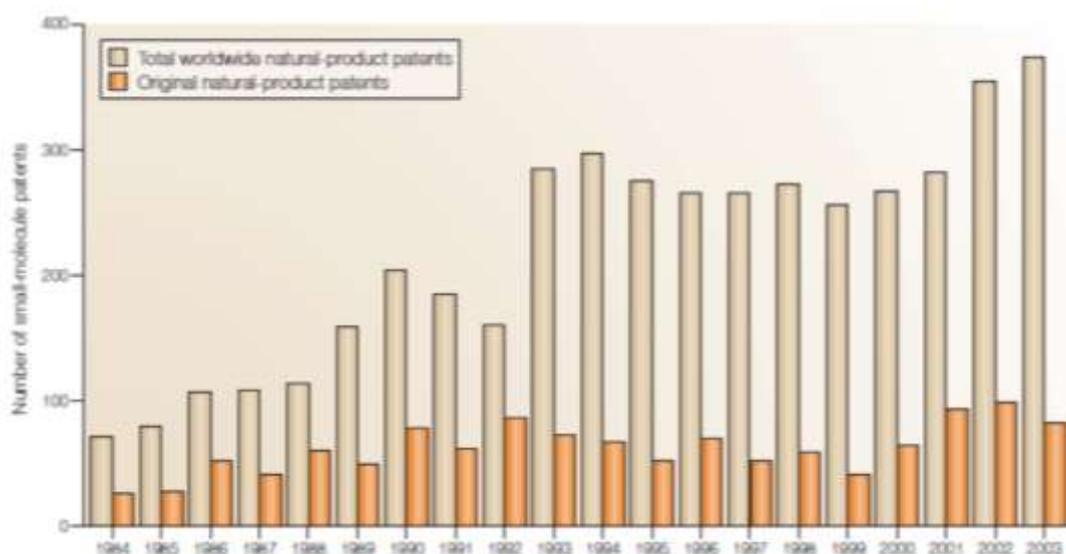


Figura 2. Bases de dados de produtos naturais que podem ser usadas em Screening Virtual

Database	Number of entries	Additional information	Refs
<a href="#">Super Natural II</a>	355,000	2D structures; vendor information for over 215,000 compounds	*
<a href="#">Universal Natural Product Database</a>	197,201	3D structures assembled from other available Chinese databases	289
<a href="#">Chinese Natural Product Database</a>	53,000	Has been used in a virtual screen for PPAR-γ agonists	290
<a href="#">Drug Discovery Portal</a>	40,000	Not all natural products, but all based on available samples	49
<a href="#">iSMART</a>	20,000	Based on components from traditional Chinese medicines	291, 292
<a href="#">Database from historical medicinal plants, DIOS</a>	6,702	Successfully used in several virtual screening campaigns	293
<a href="#">AfroDb</a>	1,000	Compounds from African medicinal plants	294
<a href="#">NuBEE</a>	640	Compounds from Brazilian sources	295 <sup>1</sup>

Neste cenário o Brasil se apresenta em posição vantajosa, pois se somando entre plantas, fungos e algas, no ano de 2010 foram contabilizadas 41.000 espécies diferentes até então validada, tornando-o o país com maior biodiversidade do mundo (FORZZA, R. C. et al., 2010). Muito embora o Brasil apresente em sua flora inúmeras espécies de plantas com propriedades farmacológicas comprovadas, existem regiões geográficas ao longo do país em que algumas dessas espécies apresentam propriedades medicinais mais efetivas, como é o caso das espécies que apresentam taninos e flavonoides em sua constituição. No caso dessas espécies, quando são avaliadas em regiões de caatinga, as mesmas apresentam maiores concentrações de alguns metabólitos que entre diversas aplicabilidades está o seu potencial medicinal. Com base nessas considerações, foi realizada durante a III expedição do Rio São Francisco, a coleta de espécies de plantas de maior abundância nas áreas as quais a embarcação ficou atracada e que terão suas atividades neuroprotetoras, antioxidantes e microbiológicas avaliadas *in vitro* e *in vivo*.. Tais regiões de coleta compreenderam áreas que compunha vegetação ciliar do baixo Rio São Francisco.

## **2 - Objetivos**

### **2.1 - Objetivo Geral**

Realizar coletas de plantas de matas ciliares no percurso do baixo São Francisco para avaliação das atividades neuroprotetoras, antioxidante e microbiológica considerando tais plantas como possíveis fitoterápicos.

### **2.2 - Objetivos Específicos**

- Obtenção de extratos alcoólicos, hidroalcoólicos e hexânicos das espécies vegetais coletadas;
- Identificação de classes de compostos presentes nas plantas coletadas nas diferentes localidades;
- Estudo da atividade biológica dos extratos das plantas coletadas frente a diferentes espécies de fungos e bactérias;
- Avaliação da atividade neuroprotetora dos extratos das plantas coletadas;

## **3 - Metodologia**

### 3.1. Análise Fitoquímica da Vegetação

As espécies em estudo aqui descritas foram coletadas em regiões georreferenciadas. Foram coletadas 12 espécies vegetais diferentes cujas denominações são: Alecrim de Vaqueiro; Jurema Preta; Velame; Ameixa Brava; Guajiru; Pereiro; Quixabeira; Candeeiro; Catingueira; Cambuí.

De cada espécie foram coletados galhos e folhas. Dessa forma, todas as partes foram separadas e secas em local arejado e ao abrigo do sol. Na sequência, cada parte foi triturada e pré-incubada inicialmente em hexano sob agitação por cerca de 10 minutos, em seguida, o solvente foi filtrado e o extrato foi conduzido para o rota-evaporador para concentração dos ativos contidos no solvente. O material vegetal foi novamente submetido a novo processo de extração utilizando como solvente o etanol a 70%, onde todo o procedimento anterior foi repetido e os extratos foram obtidos para todas as plantas, alguns caracterizados parcialmente e atualmente estão sob avaliação de algumas atividades biológicas.

### 3.2 - Testes de Matos para identificação de metabolitos

O teste de Matos (1997) foi conduzido para a identificação dos metabólitos presentes nas folhas das plantas com intuito inicial de descobrir a atividade farmacológica ali presente. A triagem de classes de metabólitos especiais majoritários é uma das etapas iniciais da pesquisa química em plantas e possui o objetivo de identificar os constituintes químicos naturais contidos nas espécies vegetais ou avaliar a sua presença em um determinado material e, a partir disto, orientar a extração e/ou fracionamento de extratos no sentido de dedicar maior atenção aos grupos de compostos de maior interesse farmacológico.

- **Ameixa Brava**

A *Ximenia americana* L. é conhecida popularmente pelos nomes de ameixa-brava, ameixa-da-bahia e ameixa-de-espinho e é comumente encontrada na África e na América do sul, pertencente à família *Olacaceae*, do gênero *Ximenia* (Matos, 2007). Apresenta outros nomes populares como, ambuy, ameixa-da terra, ameixa-do-brasil, limão bravo-do-brejo, sândalo-do-brasil, umbu-bravo (PLANTAMED, 2020).

É uma árvore que consegue se manter verde por um período longo de seca, recuperando suas folhas perto do início da estação chuvosa, sendo encontrada no Brasil

nos estados do Pará, Bahia, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e com muita frequência no estado do Ceará (Rocha, 2009). A árvore apresenta uma casca avermelhada e lisa, com pequenas folhas e flores branco-avermelhadas. E sua casca pode ser utilizada com finalidade medicinal, tais como: inflamações da boca e da garganta, hemorroidas, menstruação excessiva e prolongada, cicatrização de ferimentos e úlceras (Matos, 2007).

Neste estudo onde se pretende analisar seu potencial medicinal, até o presente apenas resultados parciais referentes a caracterizações foi obtido.

- *Obtenção de extratos de Ameixa brava*

Foram separados folhas e caule da planta coletada, colocados para secar ao abrigo do sol e na sequência foram trituradas ambas as partes. Em seguida foi realizada a extração com hexano, tanto das folhas quanto do caule, onde neste processo foi empregado 160 g de folha seca triturada e 250 g de fibra do caule triturado. O extrato das folhas foi filtrado depois de 30 minutos sob agitação contínua e levado para retirada do solvente no rotaevaporador. O mesmo foi realizado para as fibras de caule.

- **Alecrim de Vaqueiro**

O gênero *Lippia* possui um grande número de espécies medicinais, como *L. origanoides Kunth*, *L. alnifolia Schauer* e *L. thymoides Martius* e *Schauer*, tais espécies são usadas frequentemente na medicina popular para o tratamento de doenças microbianas (PASCUAL et al., 2001). No Brasil, *L. alnifolia* também é conhecido como alecrim-do-mato; pedrécio; alecrim-de-vaqueiro; As folhas são empregadas como tópico anti-séptico contra dermatite e caspa, bem como um anti-séptico oral e vaginal e infecções (AGRA et al., 2008).

Os fungos constituem uma fonte excepcionalmente rica de importantes fármacos, incluindo: antibióticos antibacterianos ( $\beta$ -lactâmicos, aminoglicosídeos, tetraciclina, macrolídeos, glicopeptídeos e estreptograminas), antibióticos antitumorais (antraciclinas, bleomicinas, actinomicinas, mitomicinas e ácidos aureólicos), agentes redutores do colesterol sanguíneo (estatinas), agentes imunossupressores (ciclosporina A), entre outros (NEWMAN; CRAGG; SNADER, 2000; DEMAIN, 1999). Dentre todas as classes de fungos, uma que merece destaque é a dos fungos endofíticos que são microrganismos que habitem todo, ou pelo menos um período de seu ciclo de vida, o interior de uma planta hospedeira e não lhe cause doenças com sintomas aparentes (ZIKMUNDOVA et al., 2002; TAN; ZOU, 2001), podendo a colonização ser inter ou intracelular, localizada ou

sistêmica (SCHULZ; BOYLE, 2005). devido a grande diversidade química, ineditismo de moléculas e suas atividades biológicas. O termo endofítico vem sendo usado desde o começo do século XIX (AZEVEDO, 1999; GIMENEZ et al., 2007) e podem ser transmitidos de uma geração para outra.

O estudo realizado com a espécie Alecrim de Vaqueiro compreendeu o cultivo de fungos endofíticos presentes em no caule das amostras coletadas e para tanto, foram pesados 24g de meio Batata e Dextrose - Difco®, em seguida foi adicionada água destilada completando-se para o volume total de 1000 mL. Após a preparação do meio, o mesmo foi distribuído em erlenmeyers de 250 mL contendo 100 mL cada e em erlenmeyers de 2L contendo 1L cada, em seguida foram vedados com papel alumínio e papel de filme e autoclavados por 15 minutos a 1 atm, para a esterilização do meio.

Foram pesados 24 g de do meio Difco®, e 18g de ágar (VERTEC, QUÍMICA FINA), em seguida foi adicionada água destilada até o volume de 1000 mL, o caldo foi homogeneizado e autoclavado por 15 minutos a 1 atm Após a preparação do caldo, o mesmo foi distribuído em placas de Petri de 50 mL cada, em um total de 20 placas, após o resfriamento estas foram lacradas com papel filme e expostas a luz ultravioleta por 15 minutos, para esterilização.

O procedimento de identificação foi realizado em duas etapas, na primeira foram observadas características macroscópicas como coloração, diâmetro da colônia, textura e comparadas com a literatura (DOMSCH et al., 1980). A etapa seguinte foi realizar o microcultivo em lâminas (RIDELL, 1950), onde foram transferidos três segmentos do fungo a ser identificado e cobertos com lamínulas, sendo retiradas após o tempo de crescimento do fungo e posterior análise em microscópio óptico Nikon Eclipse E200, com auxílio de chaves taxonômicas padrão, que descrevem as características morfológicas microscópicas e macroscópicas pertencentes aos fungos.

O solvente utilizado para extração serão escolhidos por sua polaridade e eficiência na extração de metabólitos secundários, tais como flavonoides, cumarinas, dentre outros. O extrato bruto obtido (ACM) será dissolvido em solução dimetilsulfóxido (DMSO) a 10% para análises de atividade antibacteriana.

Os inóculos serão preparados utilizando as cepas de *Staphylococcus Aureus* (ATCC25923), *S. epidermidis* (ATCC14990), *Escherichia coli* (ATCC14942), *Salmonella entérica* (ATCC14028), *Enterococcus faecalis* (ATTC29212), *Klebsiella pneumoniae* (ATTC31488), *Pseudomonas aeruginosa* (ATTC27853), *Shigella flexneri* (ATTC12022) e *Enterobacter aerogenes* (ATTC13048), em solução salina tamponada

estéril e a suspensão bacteriana foi determinada a partir da turvação do tubo 0,5 da escala de Mc Farland ( $1,5 \times 10^8$  UFC/mL), diluída numa proporção de 1:10 obtendo assim uma diluição  $10^7$  UFC/mL, com concentração final de bactérias entre  $5 \times 10^5$  UFC/mL e  $5 \times 10^4$  UFC/poço.

Cerca de 2 mg da amostra será solubilizado em 1 mL água estéril com DMSO a 10% onde obteve-se uma concentração estoque de 2000  $\mu\text{g/mL}$ . Para os testes serão utilizadas microplacas de poliestireno estéreis com 8 linhas e 12 colunas, num total de 96 orifícios de fundo chato e com tampa. Da solução estoque, 200  $\mu\text{L}$  de cada amostra serão colocados nos poços da primeira linha e nos demais orifícios foi colocado 100  $\mu\text{L}$  de meio de infusão de cérebro e coração - BHI (duas vezes). Para se obter a concentração de 1000  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , será transferido para a segunda linha 100  $\mu\text{L}$  de cada amostra em 100  $\mu\text{L}$  de BHI (duas vezes) e assim por diante até se obter a concentração final de  $15,6 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  de cada amostra. Feita a diluição seriada em triplicata, será adicionado 20  $\mu\text{L}$  do inóculo ( $1,5 \times 10^6$  UFC) de cada bactéria utilizada nos ensaios. Como controle positivo, serão adicionados 20  $\mu\text{L}$  de cada inóculo em 100  $\mu\text{L}$  de BHI (2x) para controles de crescimento, para controle negativo 20  $\mu\text{L}$  de DMSO a 10% e 20  $\mu\text{L}$  de cada inóculo em 100  $\mu\text{L}$  de BHI (2x) e para controle de esterilidade 100  $\mu\text{L}$  de meio BHI (duas vezes). As placas serão incubadas, em estufa bacteriológica, por 24 horas a  $35^\circ\text{C}$ . Para leitura das placas serão adicionados em cada poço 20  $\mu\text{L}$  (0,5%) de revelador cloreto de 2, 3, 5 trifeniltetrazolium (Sigma) em seguida as placas serão reincubadas por três horas. A coloração vermelha será interpretada como ausência de inibição. Os testes serão realizados em triplicata para garantir a eficiência das análises e permitir que os dados sejam reprodutíveis. O objetivo desse teste é de definir a Concentração Inibitória Mínima, dos extratos que possuem atividade antimicrobiana, sendo que apenas parte destes estudos foi finalizado.

- **Candeeiro**

- Preparação dos sistemas de extração de solventes*

- Para a obtenção do extrato total, foram feitos dez ciclos de extração até chegar ao ponto de exaustão da planta. Esse ponto de exaustão é alcançado quando a solução em etanol contendo o extrato atinge uma coloração transparente, indicando que já foi extraído o máximo possível da planta. Ao final das extrações a solução etanólica foi conduzida para a evaporação utilizando o rota evaporador, em seguida o extrato foi reservado e o

etanol recuperado foi inserido novamente no soluto, esse processo foi repetido dez vezes (Tabela 1).

Tabela 1: Ciclos de extração da planta e quantidade de soluto e solvente utilizados em todas as extrações

Nº da extração	SOLUTO	SOLVENTE
01	550,0 g	4,150 mL
02	550,0 g	4,470 mL
03	545,0 g	1,440 mL
04	543,0 g	3,630 mL
05	540,0 g	3,550 mL
06	540,0 g	3,385 mL
07	539,0 g	2,880 mL
08	537,0 g	3,465 mL
09	536,0 g	3,310 mL
10	536,0 g	2,930 mL

#### 4 - Resultados Parciais

Até o presente momento, já foram obtidos extratos de 5 das 12 plantas coletadas, e destes foi realizado o teste de Matos, para a espécie popularmente conhecida como candeeiro, que são apresentados na sequência.

##### 4.1 Resultados Parciais Referentes À Espécie Candeeiro

Os metabolitos caracterizados pelos testes foram: Alcaloides, Esteroides, Taninos, Flavonoides, Antocianinas, Chalconas e Compostos fenólicos.

Através desses testes notou-se que as plantas apresentam uma grande variedade de propriedades medicinais de acordo com a literatura.

##### 4.1.1. Fracionamento do extrato bruto através de diferentes sistemas de solventes

Ao término da rota evaporação, o extrato foi colocado em repouso para evaporar o resto de solvente, em seguida pesou-se o extrato em uma balança analítica, totalizando 65,34 g de extrato bruto. O extrato bruto foi novamente solubilizado em metanol-água para iniciar o fracionamento do mesmo e, listado o rendimento em gramas das frações do extrato com solventes de diferentes polaridades (Quadro 1).

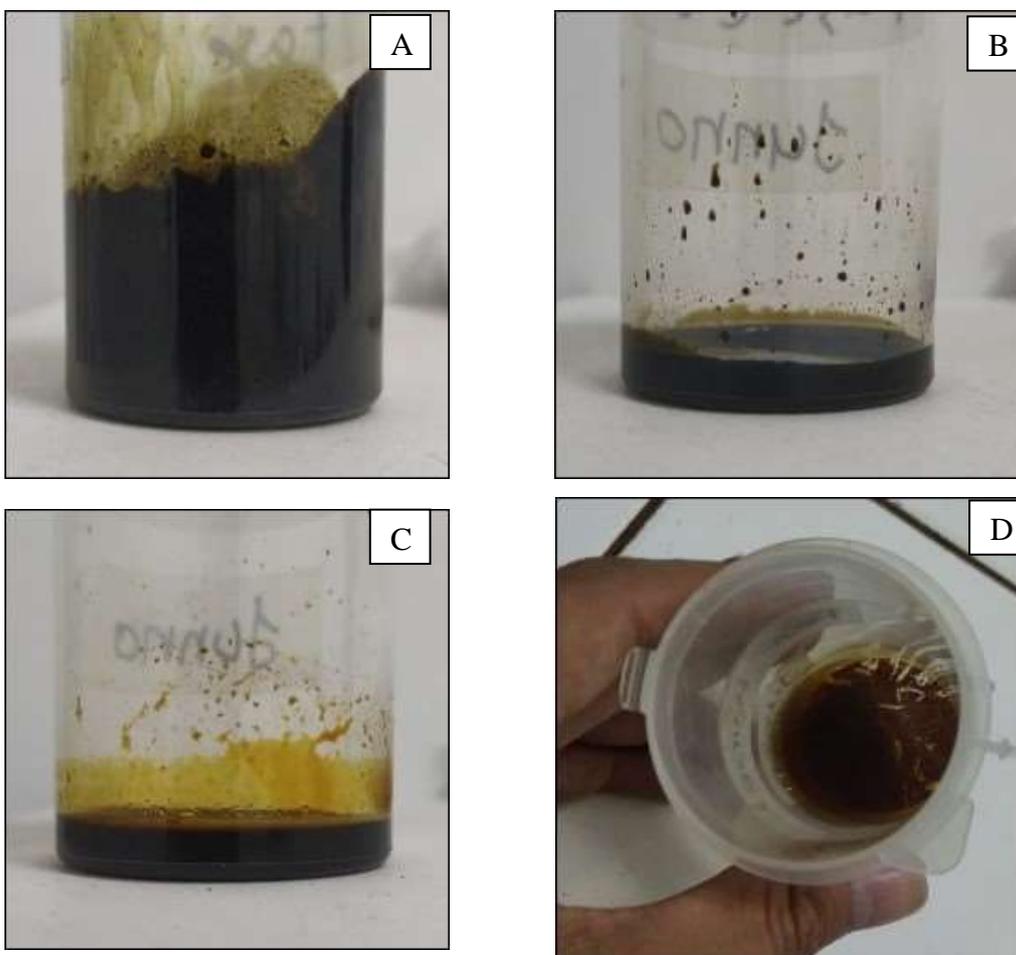
A partir desses dados é possível notar que o extrato da folha de Candeeiro possui mais compostos apolares, devido às frações hexânicas e acetato de etila serem uma apolar e uma polar respectivamente elas arrastam os compostos diferentes. Foi possível notar

também que na fase hidroalcolica ainda restou precipitado, indicando que ainda há compostos com polaridades superiores a dos solventes empregados nos fracionamentos.

Quadro 1: Frações obtidas dos solventes.

FRAÇÕES	PESOS (g)
Extrato bruto	65,34
Fração hexânica (apolar)	19,93
Fração clorofórmica (polar)	5,99
Fração acetato de etila (apolar)	6,53
Fase hidroalcolica	12,90

Figura 3: Frações hexânica (A), clorofórmica (B), Acetato de etila (C) e Fase hidroalcolica (D).



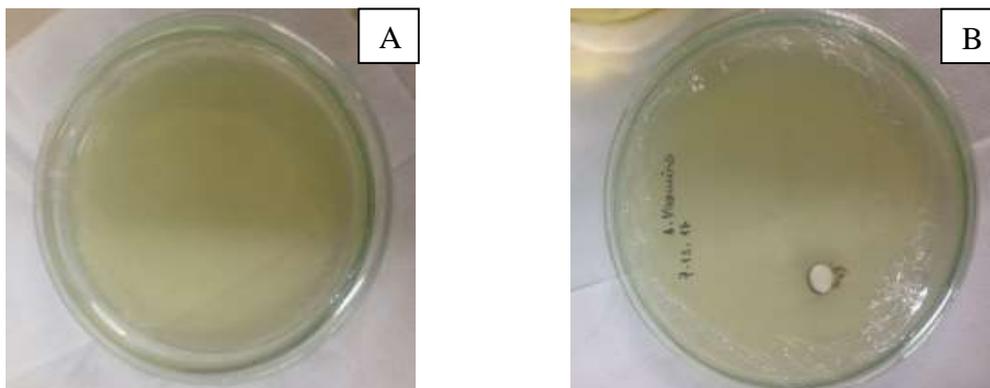
Fonte: o autor, 2021.

#### 4.2 - Resultados Parciais Referentes À Espécie Alecrim de Vaqueiro

### **- Isolamento dos fungos endofíticos**

Após a etapa da preparação do meio sólido em placas de petri e esperado aproximadamente três dias para a verificação de contaminação por outros fungos ou bactérias, fez-se a inoculação do fungo em estudo e observou o crescimento micelial em meio sólido, em seguida procedeu-se o isolamento do material microbiológico por vários repiques até isolamento de um único microrganismo fúngico. Obtivemos um único fungo como resultado final (Figura 4, A e B).

Figura 4 - Placa estéril em dez/2020 (A) e inoculação do fungo isolado em dez/2020 (B).



Fonte: o autor, 2020.

### **Crescimento micelial e identificação do fungo endofítico isolado da planta Alecrim de Vaqueiro**

O fungo foi isolado em placa de petri contendo meio BDA Difco® em temperatura ambiente, após 03 (três) dias de isolamento iniciou o crescimento micelial, sendo observado a cada dia para a verificação de contaminação por outros microorganismos. Observou-se que o crescimento micelial é rápido e homogêneo, com 03 (três) dias o fungo começa a apresentar a coloração esbranquiçada e com 07 (sete) dias a coloração se torna mais intensa de aspecto algodoado (Figura 5A).

Figura 5- Crescimento micelial com coloração esbranquiçada (A). Fungo endofítico isolado em placa de microcultivo com três dias (B).

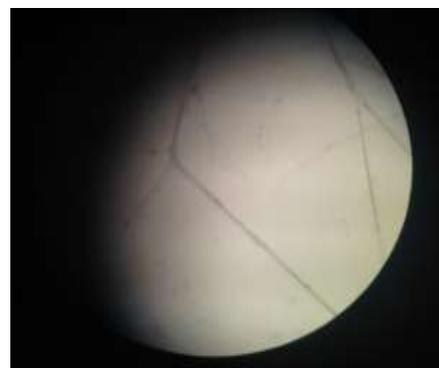
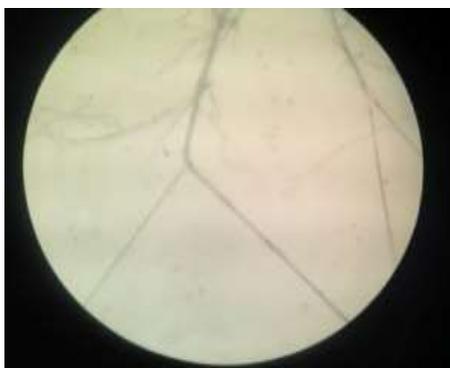


**Fonte:** o autor, 2020.

Para a identificação fúngica, procedeu-se o cultivo do fungo isolado da espécie vegetal conhecida popularmente como Alecrim de vaqueiro, conforme recomendado na literatura (RIDEELL, 1950). Foram retirados 03 (três) plugs de comprimento aproximadamente de  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  da placa de petri com crescimento micelial de 07 (sete) dias e inoculados em placas de petri estéreis contendo meio BDA Difco®, em cada plug foi colocado (01) uma lamínula, estas foram retiradas em um esquema de 48 h, 96 h e 144h, respectivamente para análise em chaves taxonômicas e possíveis identificação (Figura 5B).

Analisando as características morfológicas microscópicas, o fungo apresenta hifas longas e com septos longos e lisos, sem presença de conídios (Figura 6).

Figura 6: Análise microscópica do fungo endofítico extraído da espécie vegetal Alecrim de vaqueiro – lâmina com 7 dias. Observado com objetiva de 40x.

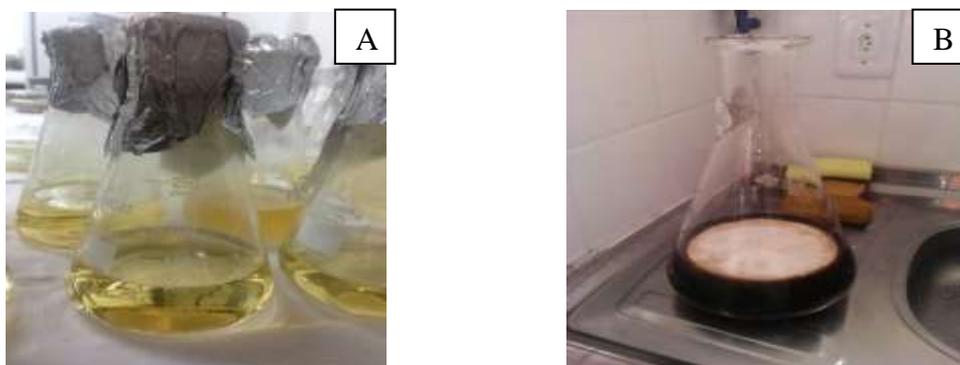


**Fonte:** O autor, 2021.

### ***Extração de metabólitos***

O crescimento fungico procedeu-se em 10 (dez) erlermayer de capacidade de 250 mL contendo 100 mL de meio BD Difco® e em 1 (um) erlermayer de capacidade de 2 litros contendo 1 litro de meio BD Difco®, ambos em temperatura ambiente, após 07 (sete) dias de observação para a verificação de contaminação por outros microorganismos seguiu-se com a inoculação fungica (Figura 7A). Em meio líquido, o fungo endófito, identificado como Av apresentou crescimento rápido e homogêneo, em meio comercial Batata-Dextrose Difco®, (Figura 12 b). Em meio BD Difco®, o fungo produziu uma grande quantidade de pigmento esbranquiçado durante seu crescimento, permanecendo intenso após 30 (trinta) dias de cultivo. Após 05 (cinco) dias de incubação, foi possível observar o crescimento dos micélios, de coloração branca, prosseguindo até os 30 (trinta). O caldo de cultivo fermentado tem odor semelhante ao solvente acetato de etila.

Figura 7 - A) meio BD® em erlermayer de capacidade de 250 mL; B) Crescimento do fungo Av em meio líquido Batata-Dextrose (BD) Difco ® com 30 (trinta) dias de cultivo.



Fonte: O próprio autor

Completado o período de incubação em meio BD, o caldo foi desagregado do micélio através de filtração (Figura 8A) e submetido à partição líquido-líquido com solvente orgânico acetato de etila em uma proporção 2:1 por três vezes (Figura 8B). Nesta sequencia o solvente orgânico será evaporado e seu rendimento de extrato bruto (ACF) será calculado.

Figura 8 - A – Micelio extraído do caldo de cultivo; B - Partição líquido-líquido com Acetato de Etila.

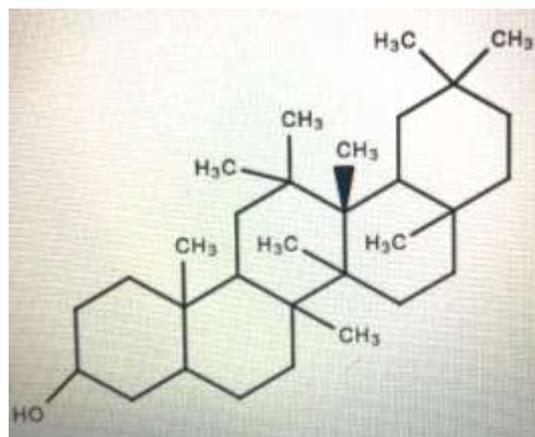


**Fonte:** O próprio autor

#### **4.3 - Resultados Parcial Referentes à Espécie Ameixa Brava**

Durante o processo de rota evaporação do hexano existente no extrato das folhas, foi observada a formação de cristais transparentes nas paredes do balão de rota evaporação, dessa forma, experimentos de difração de raios X foram conduzidos, entretanto, a qualidade dos dados foi muito ruim, comprometendo dessa forma a obtenção o refinamento matemático dos dados e assim também da estrutura química correta. Contudo, os cristais foram levados para análise de Ressonância Magnética Nuclear de campo 600 MHz no IQB da UFAL. Após análise, foi proposta uma estrutura referente a um triterpeno (Figura 9). Os demais estudos continuam em andamento, entretanto, o material coletado foi em quantidades muito reduzidas e dessa forma pretende-se realizar uma coleta desta espécie na próxima expedição em novembro deste ano.

Figura 9. Estrutura do Triterpeno obtido por RMN H isolado do extrato hexânico de Ameixa Brava.



## 5. Perspectivas

As próximas etapas desse trabalho consistirão em realizar o mesmo protocolo de extração para as demais plantas não apresentadas aqui ainda. Em seguida, os extratos e frações de extratos serão finalmente encaminhados para os testes biológicos de neuroproteção, antioxidação e microbiológicos. Além disso, estamos no aguardo que alguns colaboradores nos enviem resultados de amostras já enviadas.

## Referências Bibliográficas

ALAN L. HARVEY, RUANGELIE EDRADA-EBEL AND RONALD J. QUINN. The re-emergence of natural products for drug discovery in the genomics era. *Nature reviews and drug discovery*. v. 14, p. 111-129, 2015.

CORDEIRO, J.M.P.; FÉLIX, L.P. Conhecimento botânico medicinal sobre espécies vegetais nativas da caatinga e plantas espontâneas no agreste da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.3, supl. I, p.685-692, 2013.

FORZZA, R.C. et al. New Brazilian Floristic List Highlights Conservation challenges. **BioScience**, v.62, n.1, p 39-45, 2012.

FRANK E. KOEHN AND GUY T. CARTER. The evolving role of natural products in drug discovery. *Nature reviews and drug discovery*. v. 4, p. 206-220, 2005.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, DF, 2010. 368 p.

GIULLIETI, A. M.; CONCEIÇÃO, A.; QUEIROZ, L. P. Diversidade e caracterização das fanerógamas do semiárido brasileiro. Recife: **Associação Plantas do Nordeste**, 2006. 488 p.

HARVEY, A. (2000) Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products. *Drug Discovery Today*, 5: 294-300.

LIMA, I V M; SILVA, V G M; CALVACANTI, S F. **ESTUDO QUÍMICO DE VANILLOSMOPSIS ARBOREA - FONTE CEARENSE DE  $\alpha$  -**

**BISABOLOL**. 2006. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2006/trabalhos2006/1/192-333-1-T2.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2019

MATOS, F. J. A. **Introdução a fitoquímica experimental**. 2 ed. Fortaleza: Edições UFC, 1997. 141 pg.

NISA, H.; KAMILI, A.N.; NAWCHOO, I.A.; SHAFI, S.; SHAMEEM, N.; BANDH, S.A. Fungal endophytes as prolific source of phytochemicals and other bioactive natural products: **A review**. *Microbial Pathogenesis*, v. 82, p. 50–59, 2015. DOI: 10.1016/j.micpath.2015.04.001.

OLIVEIRA, J. S. Tese de doutorado. Caracterização, extração e purificação por cromatografia de compostos de urucum (*Bixa orellana* L.). 215 p. Florianópolis, 2005.

Rafaela Campostrini Forzza (org) et al. INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 871 p. Vol. 1. ISBN 978-858874-242-0. Available from SciELO Books

RIDELL, R. W. Permanent stained mycological preparations obtained by slide culture. *Mycologia*, v. 1, n. 42, p. 265, 1950.

RODRIGUEZ RJ, WHITE JR JF, ARNOLD AE, REDMAN RS (2009). Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist* 182: 314:330.

SAMPAIO, G. C. Dissertação de mestrado. Estudo químico bioguiado das sementes de *Morinda citrifolia* Linn (NONI) e suas aplicações. 136 p. Fortaleza, 2010.

SILVA ET AL. 2014 SILVA LN, Trentin DDS, Zimmer KR, Treter J, Brandelli CLC, Frasson AP, Macedo AJ. 2014.

VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, Ana Cristina; WEBER, Gisele Eva Bruch. **EMBRAPA: Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância**. 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44093/1/documento-316.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2021.

## **B - MONITORAMENTO TECNOLÓGICO DA ESPÉCIE *Eichornia crassipes***

### **INTRODUÇÃO**

O monitoramento tecnológico consiste no levantamento de tecnologias desenvolvidas acerca de um determinado tema. Cada vez é mais frequente, organizações governamentais, empresas de pequeno, médio e mais comumente grande porte, fazerem uso do monitoramento tecnológico ou de estudos de prospecção tecnológica, para a tomada de decisão. Neste contexto, foi realizado um estudo de prospecção tecnológica em decorrência da observação da presença demasiada da espécie vegetal popularmente denominada de baronesa, cujo nome científico é *Eichornia crassipes*, durante muitos

trechos do Rio São Francisco na ocasião da III expedição científica. Considerando essa constatação e ainda os vários relatos na região nordeste mais frequentemente, de desordem ambiental envolvendo esta espécie, fez-se necessário um estudo de tecnologias com intuito de identificar possíveis oportunidades de uso sustentável e inovadora para a baronesa.

## **METODOLOGIA**

A metodologia para obtenção das informações que serão relatadas aqui, consistiu na busca estruturada de patentes em escritórios de patentes de 94 países, utilizando como ferramenta o software Questel Orbit<sup>®</sup> da Axonal. A metodologia empregada na busca limitou-se a uso de uma *string* que foi o termo “*Eichornia crassipes*” nos campos: **título, objeto da invenção, reivindicações e reivindicações independentes**.

## **RESULTADOS PARCIAIS**

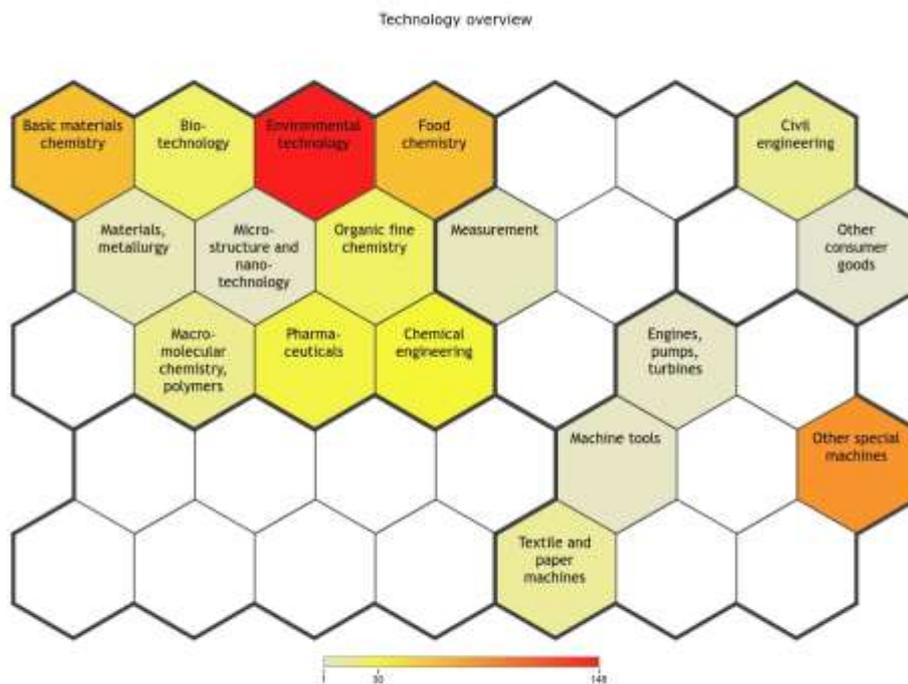
Como resultado, foram recuperados 404 documentos que foram analisados graficamente (Figura 1). O local que mais se deposita patente no mundo relacionada à baronesa é China, com 204 patentes, seguida da Índia e da Holanda com 26 e 12 patentes respectivamente (Figura 1). O Brasil, nem aparece entre 10 maiores produtores de tecnologias com essa matéria prima, e só tem 02 patentes depositadas até o presente. Isso significa que o mercado brasileiro tem bastante espaço para inovação com esta matéria prima, uma vez que a mesma é bastante abundante.

Quando se avalia em quais áreas as tecnologias existentes estão classificadas, é possível verificar que “tecnologias ambientais” é o setor campeão, seguido pela química de alimentos e pela química de materiais (Figura 2). Isto indica dessa forma que embora estas tecnologias já sejam conhecidas, as mesmas não estão protegidas no Brasil e sua exploração econômica pode ser realizada, oportunizando dessa forma alternativas de sobrevivência para aqueles que vivem em regiões ribeirinhas.

Figura 1. Localização dos depósitos de patentes no mundo



Figura 2. Áreas tecnológicas de aplicação das patentes depositadas



Observa-se que as tecnologias desenvolvidas estão voltadas majoritariamente para duas grandes áreas: animais aquáticos em geral e lagostas (Figura 3). Tendo outras aplicações, entretanto essas duas primeiras compreendem mais de 50% de todas as tecnologias desenvolvidas nessa temática. Isso significa que existe um campo vasto a ser explorado e que dependerá principalmente de oportunidades e percepção para identificação de novos problemas para ser resolvidos com essa espécie vegetal.



## **PERSPECTIVAS**

Pretende-se finalizar o diagnóstico realizando o levantamento da produção científica e aprofundar um pouco mais os estudos patentários. Ao finalizar este estudo, pretende-se sugerir algumas tecnologias para serem desenvolvidas com o objetivo de gerar oportunidades de novos negócios e auxiliar na geração de renda das populações ribeirinhas.

Pretende-se ainda organizar esses dados de modo estruturado e publicar na forma de artigo científico na revista **GEINTEC** de qualis B2.

## **C - EMPREENDEDORISMO SOCIAL E INOVADOR**

### **RELATO DE CASO – ASSOCIAÇÃO AROEIRA**

No que tange o aspecto voltado ao empreendedorismo, foi possível realizar visitas a dois locais: ASSOCIAÇÃO AROEIRA E COOPAIBA. A Associação aroeira compreende uma associação de 240 mulheres que se uniram a princípio para trabalhar no beneficiamento da pimenta de aroeira, entretanto atualmente estão trabalhando em outros projetos voltados à parte da culinária regional e muito fortemente na produção de bolo de macaxeira.

Ao realizar a visita ao local de funcionamento da associação foi possível conhecer as metodologias de produção e a dinâmica de organização daquelas mulheres.

### **Diagnóstico**

#### **Pontos positivos:**

Ambiente com grande potencial e força de trabalho;

Espírito de equipe muito presente;]

Equipe muito engajada para atingir os objetivos e cumprir as metas.

#### **Pontos negativos:**

Muito trabalho e poucas abordagens tecnológicas ou de automação

### **Sugestões**

Na ocasião da visita foi feita a sugestão de se trabalhar com processo diferente do que estava sendo realizado e testar congelamentos de massas para os bolos de

mandioca obedecendo alguns procedimentos, mas com o objetivo principal de escalonar e escalabilizar a produção e o negócio.

### **Resultados**

As sugestões foram testadas e as amostras de massas foram congeladas e testadas por um período de 08 e de 15 dias respectivamente a fim de verificar se o produto obtido conservaria as mesmas características de sabor e qualidade, havendo assim uma constatação positiva.

### **Passos em andamento**

Confecção em andamento de patente de invenção considerando a proteção do processo inovador.

### **Visita realizada em Maio/2021**

Nesta visita, foi verificada que a associação tem algumas limitações relacionadas ao atendimento de demanda de mercado no que diz respeito a pimenta de aroeira e este é o motivo que impede atualmente processos de exportação de expansão de vendas. Eles apontam que uma máquina de separação colorimétrica os ajudaria a resolver este problema. Outros elementos serão trabalhados no decorrer do tempo até a próxima expedição, tais como o registro da marca, o posicionamento de mercado, apresentação de produto. Além disso, precisara ser trabalhado isso para os demais itens que compõem atualmente o portfólio de produtos da associação.

### **RELATO DE CASO – COOPAIBA**

Foi realizada a visita também à cooperativa de beneficiamento de côco localizada também em Piaçabuçu. Trata-se de um ambiente já com uma estrutura bem maior e mais bem equipada que o relato anterior, pois possuem muitas máquinas e muitos funcionários. Após acompanhar toda a linha de produção, foi possível verificar uma lacuna muito interessante que está relacionada para a produção do óleo de côco. Nesta cooperativa o óleo de côco ainda não é comercializado industrialmente e o mecanismo de venda é apenas o varejo local.

**Pontos fortes:** Muitas máquinas, funcionários, boa matéria prima;

**Pontos fracos:** Equipe desqualificada e com baixa capacidade de resolver problemas na linha de produção.

### **Sugestões**

Não concluídas ainda por falta de oportunidade de negociação.

### **Visita realizada em Maio/2021**

Em visita realizada em maio de 2021, foi tentado estabelecer contrato de compra do óleo de côco dessa cooperativa a partir de negociação com uma empresa, entretanto, embora a cooperativa tenha proposto se reunir com a empresa que por sua vez, se deslocou ate Piaçabuçu, não foi possível estabelecer qualquer contrato, pois a própria cooperativa não enviava alguém responsável pelas vendas para as reuniões, muito menos apresentou qualquer proposta de contrato, dessa forma entendemos que não há interesse no comercio deste produto em nível industrial e sendo assim dei por finalizado esse case da copaíba. Não faremos outras visitas por entendermos que há contribuições a serem feitas da nossa parte.

Fabiano Leite Gomes<sup>1</sup>, Emerson Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador na EntoAgro, Engenheiro Agrônomo, Dr.

<sup>2</sup>Bacharelado em Agroecologia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

## RESUMO:

O extrativismo é uma estratégia fundamental para promover a conservação da biodiversidade, além de ampliar a dimensão social da promoção da geração de renda, organização associativa, formação continuada-contextualizada, inclusão de gênero, soberania alimentar, comercialização em circuitos curtos. As atividades da IV Expedição do Baixo São Francisco (BSF) acontecem na associação Aroeira, localizada no município de Piaçabuçu, Estado de Alagoas. Fundada em meados do ano 2010, constituídas em sua maioria por mulheres, quais possuem cerca de 80 famílias associadas entre-as pescadoras, artesãs, agricultoras e extrativistas, quais se organizam à cerca da coleta, processamento e comercialização da *Schinus terebinthifolia* (nome comuns: aroeira-vermelha, aroeira-pimenteira), além das frutas nativas da restinga da foz do Rio São Francisco (cajá amarelo, mangaba, jenipapo, massaranduba, cambuí, ingá, araquá, Ouricuri, caju, manga, araticum cagão, cruiri, ameixa do mato, coco). O que define a atividade é a conservação dos recursos naturais, a manutenção do ecossistema, assim como a diversidade biológica que se desenvolve no ambiente local e a região em que está inserido, respeitando a singularidade cultural. O extrativismo sustentável também pode ser orgânico, sendo esta uma estratégia fundamental para promover a conservação da biodiversidade, além de ampliar o valor de mercado. O objetivo do acompanhamento técnico e da pesquisa ação-socioambiental é construir as bases do mecanismo de controle da qualidade orgânica para os membros fornecedores-coletores, levantamento fitossociológico participativo das áreas de coleta das extrativista e fortalecer o empreendimento agroindustrial na dinâmica do processamento dos produtos da sociobiodiversidade. A metodologia para o estudo adotou-se o processo de mobilização e sensibilização do grupo Aroeira, a definição do referencial teórico – produtos da sociobiodiversidade, visto que algumas categorias teórico-práticas norteiam essa investigação/intervenção tais como: participação, desenvolvimento sustentável, agroecologia, agricultura orgânica, mecanismo de controle da qualidade orgânica, economia solidária, enfim as temáticas que fazem parte das metas a desenvolvidas no âmbito das formações. A construção participativa do estudo permite o alinhamento mútuo da pesquisa-ação-participativo e o público beneficiário, valorando e reconhecendo a realidades e necessidades locais. As formações em mecanismo de controle da qualidade orgânica aconteceram em oficinas moduladas em encontros mensais (realizados em março, abril, maio e junho) e continuadas à posteriori, nas bases da dialógica participativa e emancipatório das vozes do campo, qual esse processo e que ações promovem a educação contextualizada ao processo construtivista e transversal. O resultado será o cadastro da associação aroeira no cadastro nacional de produtores e extrativistas orgânicos por meio do mecanismo do organismo de controle social (OCS) para à venda direta no âmbito do mercado institucional (Programa Nacional da

Alimentação Escolar – PNAE e Programa de Aquisição de Alimentos – PAA) e comercialização nas feiras livres municipais, construção e implantação do plano de manejo extrativista dos produtos da sociobiodiversidade e afins.

## **INTRODUÇÃO**

A presente pesquisa-ação dar-se no espaço-tempo de uma formação continuada em mecanismo de controle da qualidade orgânica no território do Baixo São Francisco (BSF), Estado de Alagoas. A atividade proposta é a construção da certificação participativa e o controle social da atividade das mulheres extrativistas da Associação Aroeira, localizado no município de Piaçabuçu promovida pela IV Expedição BSF. Buscou-se a mobilização e sensibilização do público beneficiário junto a associação para os processos de construção e diálogos de saberes e construção do conhecimento agroecológico e articulação dos membros que atuam na dimensão ambiental para o extrativismo sustentável nas premissas da Agroecologia.

O território do BSF foi marcado pela devastação do bioma Mata Atlântica, desde a extração do pau-brasil no período colônia e, posteriormente, o plantio da cana-de-açúcar, coqueiros e pecuária extensiva até os dias atuais, com a predominância da concentração fundiária; O setor agropecuário marginaliza as famílias extrativista e de trabalhadoras/es dificultando o acesso à coleta dos frutos da sociobiodiversidade.

A associação Aroeira caracteriza-se pela participação e envolvimento das mulheres na ruptura do machismo arcaico domiciliar, que saem através da organização associativa se reunir, capacitar e empreender em grupo para a comercialização direta e beneficiamento da produção, quais têm conseguido acessar políticas públicas à exemplo do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA).

As atividades do marco legal da agricultura orgânica no Brasil está alicerçada na Lei nº 10.831/03, o decreto Nº 6.323/07, que regulamenta a lei dos orgânicos no Brasil, como também outros regulamentos entraram em vigor, como as inúmeras instruções normativas (IN's).

Com a criação da Comissão da Produção Orgânica (CPOrg) no estado de Alagoas na data de 12 de março de 2012, constitui-se o espaço visando a consolidação de ações, programas, eventos entre outros, visando expandir a agricultura orgânicos nos diversos territórios alagoanos; com a constituição da CPOrg demandas das organizações diversas chegaram à Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimentos de Alagoas (SFA/AL) do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para

o cadastramento do Organismo Controle Social (OCS) e do Organismo Participativo de Acreditação da Qualidade Orgânica (OPAC).

O objetivo é construir a partir da formação continuada nos Mecanismo de Controle da Qualidade Orgânica a partir do Organismo Controle Social (OCS) e do Organismo Participativo de Acreditação da Qualidade Orgânica (OPAC) e demandas pelo cadastramento na Divisão de Política, Produção e Desenvolvimento Agropecuário (DPDAG) da SFA/AL do MAPA no território do BSF.

## **METODOLOGIA**

A metodologia para o estudo adotou-se o processo de mobilização e sensibilização do grupo Aroeira, a definição do referencial teórico – produtos da sociobiodiversidade, visto que algumas categorias teórico-práticas norteiam essa investigação/intervenção tais como: participação, desenvolvimento sustentável, agroecologia, agricultura orgânica, mecanismo de controle da qualidade orgânica, economia solidária, enfim as temáticas que fazem parte das metas a desenvolvidas no âmbito das formações. A construção participativa do estudo permite o alinhamento mútuo da pesquisa-ação-participativo e o público beneficiário, valorando e reconhecendo a realidades e necessidades locais.

## **RESULTADOS**

As formações foram realizadas em módulos com encontros mensais, ora quinzenais, visando promover o tempo-escola e o tempo-comunidade na pedagogia da alternância. As atividades iniciaram em março do corrente ano e seguem ao longo do ano na pesquisa-ação-participativa valorando e reconhecendo os saberes locais em rede com as bases científicas (Quadro 1). As ilustrações apresentam os registros fotográficos e os convites digitais para publicitar o chamamento das extrativistas da associação Aroeira e nas mídias diversas dos parceiros (Figura 1, 2, 3, 4 e 5)

A Divisão de Política, Produção e Desenvolvimento Agropecuário (DPDAG), é o setor responsável para receber os formulários conforme modelos sugeridos nos Anexos V, VI e VII, da Instrução Normativa nº 19, de 28 de maio de 2009, no Artigo 99, para o cadastramento da OCS, junto à Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimentos de Alagoas (SFA/AL) do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

Quadro 1 - Formação continuada em Mecanismo de Controle da Qualidade Orgânica na Associação Aroeira, Piaçabuçu-Alagoas.

Módulos	Carga horária (horas)	Data	Educador
Bases Introdutórias do Mecanismo de Controle para a Garantia da Qualidade Orgânica no Brasil (Certificação por Auditoria, Sistema Participativa de Garantia (SPG) e Organismo de Controle Social (OCS).	04	24/03/2021	Fabiano Leite Gomes e Emerson Oliveira
1. Finalidade da Certificação; 2. Surgimento da certificação orgânica; 3. Conceito de SPGs; 4. Histórico da certificação participativa.	04	14/04/2021	
1. Princípios dos SPG's	04	28/04/2021	Fabiano Leite Gomes e Emerson Oliveira
1. Legislação Brasileira da AO; 2. Conformação de OPACs; 3. Conformação de OCS.	04	12/05/2021	Fabiano Leite Gomes e Emerson Oliveira
Extrativismo sustentável orgânico e a IN nº 17	04	16/06/2021	Fabiano Leite Gomes e Emerson Oliveira

Figura 1: Módulo I - Bases Introdutórias do Mecanismo de Controle para a Garantia da Qualidade Orgânica no Brasil (Certificação por Auditoria, Sistema Participativa de Garantia (SPG) e Organismo de Controle Social (OCS), 24 de março de 2021.



Figura 2: Módulo II - 1. Finalidade da Certificação; 2. Surgimento da certificação orgânica; 3. Conceito de SPGs; 4. Histórico da certificação participativa. 14 de abril de 2021.



Figura 3: Módulo II - Princípios dos SPG's, 28 de abril de 2021.



O cadastramento da OCS possibilita ao agricultor familiar comercializar seus produtos diretamente ao consumidor (venda direta) e participar de Programas Governamentais como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), venda institucional.

No estado de Alagoas existem 19 OCS, totalizando 105 cadastros de agricultores familiares, além de 6 organizações certificadas por auditoria, sendo uma delas composta por 13 agricultores familiares da Zona da Mata e as demais iniciativas privadas de empresários de acordo com a Lei nº 10.831/03, o Decreto Nº 6.323/07 e demais regulamentos da produção orgânica em vigor.

Figura 4: Módulo III - 1. Legislação Brasileira da AO; 2. Conformação de OPACs; 3. Conformação de OCS, 12 de maio de 2021.



Figura 5: Módulo IV - Extrativismo sustentável orgânico e a IN nº 17, 16 de junho de 2021.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As formações continuadas seguem no segundo semestre do ano corrente para a conclusão dos módulos, ao passo, que estamos articulando o grupo Aroeira no Sistema Participativo de Garantia (SPG) Bem Viver, como também, o cadastro no sistema nacional de produtoras/es de alimentos orgânicos (SFA/AL e MAPA).

# 9

## **Diagnóstico da condição odontológica e desenvolvimento de ações de promoção de saúde bucal nas comunidades ribeirinhas do Baixo São Francisco**

Daniela Ferreira de Oliveira<sup>1</sup>; Christiane Cavalcante Feitoza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Discente do curso de Odontologia da Universidade Federal de Alagoas - FOUFAL

<sup>2</sup> Professora Adjunta da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, campus Arapiraca

### **RESUMO**

Doenças bucais podem ser evitadas por meio de medidas preventivas e de promoção e educação em saúde. Os ribeirinhos do Baixo São Francisco apresentam uma baixa condição socioeconômica, e por esse motivo infelizmente muitas vezes não conseguem ter acesso a uma saúde bucal de qualidade. Pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas em parceria com outras universidades e órgãos ambientais inovaram com ações de promoção da saúde bucal voltadas para a comunidade ribeirinha das cidades do Baixo São Francisco, tendo o objetivo de relatar uma experiência vivenciada nas comunidades ribeirinhas durante a III Expedição Científica do Baixo São Francisco, entre os dias 29 de novembro a 10 de dezembro de 2020. O estudo observacional do tipo pesquisa-ação pode ser desenvolvido através da articulação da equipe de coordenação da Expedição, professores, secretários de educação, meio ambiente e saúde, com a equipe da EMATER e dos municípios. Cartazes e atividades recreativas foram utilizadas juntamente com a distribuição de kits de higiene oral. Também foi realizada uma análise da condição bucal das crianças dos municípios visitados. Com isso, foi possível constatar a presença de diversas maloclusões e de dentes cariados, assim como perda de elementos dentais de forma precoce. Diante de uma população que se encontra em vulnerabilidade social, este estudo contribuiu com uma visão sobre a experiência dos cirurgiões dentistas, que deve ser considerada parte interessada e importante na implementação e sustentabilidade do programa de saúde bucal para a população ribeirinhas.

### **INTRODUÇÃO**

A Odontologia é a especialidade que estuda as estruturas da boca e regiões adjacentes, suas doenças e tratamentos. Dentre as enfermidades mais frequentes estão a cárie, a doença periodontal e a má oclusão. É uma área que mesmo com todos os avanços do Sistema Único de Saúde (SUS), ainda enfrenta inúmeras dificuldades.

Muitas doenças bucais podem ser evitadas por meio de medidas preventivas e de promoção e educação em saúde. A Promoção da Saúde (PS) exige a compreensão da relação do ser humano com sua história, suas crenças e hábitos, relações com o mundo, com seu ambiente sociocultural, suas necessidades e direitos. Trabalhar educação em

saúde é contribuir para que através do conhecimento motivacional ocorram pequenas mudanças na vida das pessoas, o que pode levar ao bem-estar físico e emocional do indivíduo e contribuir também para uma melhor relação entre o profissional da saúde e o sujeito que está sendo beneficiado com a ação.<sup>1</sup>

Os programas de Promoção de Saúde Bucal seguem como base um serviço de saúde democrático, universal, integral e igualitário. A Odontologia, por muito tempo dedicou-se à elaboração e aprimoramento de técnicas operatórias e não conseguiu concentrar esforços na área de prevenção e promoção da saúde. Com a chegada do cirurgião-dentista ao Programa Saúde da Família, uma nova perspectiva foi gerada sobre um modelo de atenção e acesso às ações de saúde bucal, propiciando uma atenção integral aos indivíduos.<sup>2</sup>

Infelizmente, o acesso à saúde bucal não chega a todas as comunidades. O termo ribeirinho designa qualquer população que vive às margens de rios. Os ribeirinhos do Baixo São Francisco apresentam uma condição socioeconômica e cultural muito pobre, sobrevivem e sustentam suas famílias com a pesca e agricultura, que dependem diretamente do Rio São Francisco. Este rio apresenta diversas funções para a comunidade que se forma às suas margens, atuando como fonte de renda, barreira geográfica e ponte ambiental, restringindo e ao mesmo tempo criando formas de interação.<sup>3</sup>

Partindo desse preâmbulo, a III Expedição Científica do São Francisco, realizada em dezembro de 2020, por pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas em parceria com outras universidades e órgãos ambientais, neste ano, inovou com ações de promoção da saúde bucal voltadas para a comunidade ribeirinha das cidades do Baixo São Francisco. O objetivo foi levar esperança a estes menos favorecidos, mostrando que são importantes e que a sociedade também olha por eles, através do compartilhamento de forma lúdica de informações sobre a prevenção das doenças bucais para despertar a importância do autocuidado quanto à saúde da boca e saúde geral.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho caracteriza-se como qualitativo, observacional, com metodologia de pesquisa-ação, ou seja, além do objeto de estudo e pesquisa, ações educativas foram desenvolvidas diariamente entre os dias 01/12/2020 à 09/12/2020, em prol da sociedade, cujo público-alvo foi a comunidade ribeirinha do Baixo São Francisco. O cenário de atuação foi as escolas públicas e associações dos moradores dos municípios de Alagoas:

Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, São Brás, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e em Sergipe, Brejo Grande.

Esta pesquisa-ação em promoção de saúde bucal foi coordenada por uma profissional de Odontologia e por uma acadêmica do mesmo curso da UFAL; contou com o apoio da equipe da III Expedição do Baixo São Francisco, que nas edições anteriores perceberam a necessidade de se fazer algo a mais por esse público, indo além das ações socioambientais e vislumbraram a possibilidade de integrar ações de saúde, neste ano, Saúde Bucal.

A dinâmica para organizar as ações aconteceu através da articulação entre a coordenação da Expedição, com os professores, secretários de educação, meio ambiente e saúde, com a equipe da EMATER de cada município. Assim, através de prévias reuniões virtuais devido à pandemia da COVID-19, planejaram-se as possibilidades de atividades a serem aplicadas em cada comunidade, levando-se em consideração as peculiaridades de cada região, a forma de acesso às escolas e à associação de moradores. Ao atracar em cada município, a equipe da EMATER, juntamente com os motoristas da Universidade Federal de Alagoas e da Universidade Federal de Sergipe ficaram também com a incumbência de levar a equipe da expedição até as unidades acolhedoras da ação.

Como ferramentas auxiliares no desenvolvimento das ações foram utilizados vídeos educativos de saúde bucal, cartazes com tópicos sobre como manter um sorriso saudável, placas personalizadas foram utilizadas em gincanas educativas de mitos e verdades na Odontologia, onde foram feitas perguntas como: Meu dente já nasceu cariado? Escova de cerdas duras são melhores para escovar os dentes? Quanto mais creme dental na escova de dente melhor é a escovação? Minha gengiva sangrou, devo parar de escovar? Todas essas perguntas tiveram por finalidade aguçar a curiosidade das crianças e dos pais e, conseqüentemente, interagir com os ribeirinhos e sanar dúvidas frequentes sobre a Odontologia. Foram também disponibilizadas atividades de caça-palavras, palavras cruzadas e pinturas com a temática em questão: saúde bucal, cárie e placa bacteriana, hábitos alimentares e sua relação com a doença cárie, hábitos de higiene bucal.

No âmbito da pesquisa, foi feito um levantamento do tipo de oclusão, da incidência de cárie dentária e perda de primeiros molares permanentes nas crianças das instituições de 2-14 anos, seguindo todo o protocolo de biossegurança (Álcool em gel 70%, luvas, máscaras e abaixadores de língua descartáveis). O exame clínico foi realizado individualmente seguindo um odontograma adaptado, em uma sala reservada para a

consulta de cada criança, onde os responsáveis presentes foram esclarecidos e receberam um termo de consentimento livre e esclarecido.

Esta ação também foi contemplada com cinco mil kits de higiene bucal, instrumentos indispensáveis para o autocuidado da boca, doados pela Colgate-Palmolive, que foram distribuídos após as atividades educativas, em todos os pontos visitados pela Expedição. Cada kit era composto por uma escova dental, um creme dental e um folheto educativo. As crianças que não puderam comparecer à ação, devido ao período de pandemia, tiveram os kits entregues aos representantes escolares que se responsabilizaram em entregar junto com as atividades didáticas ou cestas básicas cujos responsáveis iam buscar mensalmente nas escolas.

## **RESULTADOS**

As ações de promoção da saúde bucal desenvolvidas durante a III expedição do Baixo São Francisco surgiram da necessidade de traçar um perfil das condições odontológicas das crianças dessas comunidades ribeirinhas, promover ações que pudessem disponibilizar boas lições à população e estimular mudanças de hábitos para prevenção das doenças bucais, sensibilizando gestores e profissionais da odontologia e educação para a importância do investimento e valorização da Saúde Bucal.

Durante as visitas, observou-se o contexto geral das famílias de cada município ribeirinho visitado. Em grande parte das cidades, foi possível ver que as casas são construídas em alvenaria e o esgoto é coletado por meio de fossas sépticas ou a céu aberto, tendo como destino final o rio. Segundo relatos dos professores das instituições visitadas, as crianças são de origem familiar humilde e frequentam a escola para terem ao menos uma refeição garantida, a merenda escolar, visto que muitas famílias não têm condições de oferecer as três refeições diárias mínimas. Com a pandemia, tal condição tornou-se mais crítica, e em alguns municípios, as cestas básicas para auxílio alimentar estão sendo distribuídas aos responsáveis.

Com relação às atividades assistenciais desenvolvidas nas comunidades, tivemos uma experiência satisfatória com todas elas. Durante cada visita foi possível interagir com as crianças, pais e professores e saber das dificuldades enfrentadas pela população. A experiência obtida durante essa série de atividades foi fundamental para uma formação diferenciada de todos os expedicionários, desenvolvendo um aprimoramento científico, técnico e humano.

Cada escola e associação receberam positivamente as atividades; os alunos se reuniram mantendo o distanciamento social, o uso de máscara e álcool gel, no pátio das escolas na espera de nossa apresentação. A presença de alguns pais também foi observada, o que tornou as atividades ainda mais dinâmicas.

Inicialmente realizava-se uma palestra com os alunos e professores acerca de dicas como manter um sorriso saudável; nessa palestra deixava-se claro para os ouvintes a importância do uso correto da escova de dente, do fio e do creme dental, a importância de abandonar hábitos deletérios para a saúde bucal e como também acrescentar na rotina, hábitos que proporcionam uma melhor qualidade na saúde oral (Figura 1A). As gincanas de mito e verdade foram acompanhadas com perguntas que pudessem despertar o saber dos estudantes e sanar suas curiosidades, onde as crianças interagiram para justificar sua resposta de mito ou verdade e ganharam brindes como camisa, canetas e blocos de notas, o que estimulava ainda mais a participação de cada ribeirinho (Figura 1B).

Figura 1 - Palestra de promoção e prevenção a saúde bucal para a comunidade Quilombola do município de Brejo Grande, SE (A). Entrega de prêmios para as crianças da escola Messias Calumby, em Piaçabuçu, AL (B).



O ensino da técnica de escovação foi ilustrado com auxílio de bocas em manequins e escovas dentais; devido ao período de pandemia não foi possível realizar o monitoramento de escovação entre os alunos, contudo alguns foram convidados para demonstrar nos manequins a forma que realizavam a escovação em casa (Figura 2A). Os alunos também tiveram a oportunidade de realizar atividades de caça-palavras e palavras cruzadas com temas relacionados à odontologia (Figura 2B); em algumas cidades onde

as escolas dispunham de projetor multimídia, como data show, foi possível proporcionar para as crianças uma sessão cinema, com um vídeo educativo curto que relatava a importância de desenvolver todos os processos relacionados a higiene bucal, desde escovar os dentes após cada refeição, ao uso do fio dental e realizar a escovação da língua. Os filmes do Dr. Dentuço e da Dra. Escovita (Colgate) foram os escolhidos para as sessões pipocas” (Figura 3).

Figura 2 - Ensino de técnica de escovação em manequim com as crianças de Brejo Grande, SE (A). Estudante do Município de Pão de Açúcar, AL, desenvolvendo atividades recreativas de caça-palavras (B).



Além da parte educativa, foi possível realizar um levantamento piloto das condições odontológicas das crianças de cada município, onde avaliou-se o perfil oclusal das crianças, a incidência de cárie e a perda de dentes decíduos de forma prematura ou ainda, dos próprios dentes permanentes. A avaliação foi realizada dentro de uma sala, com apenas um dentista e uma acadêmica de Odontologia e as crianças eram chamadas individualmente para a consulta, respeitando as diretrizes do Conselho Nacional de Saúde (Figura 4). Ao final de cada atividade nas escolas, a equipe fazia a distribuição de kits de higiene bucal para as crianças e para os adultos que se fizeram presente nas palestras e essa distribuição de kits aconteceu em todas as cidades visitadas (Figura 5).

Figura 3 - Sessão de cinema educativo na Escola Municipal de Chinaré, Igreja Nova, AL.



Figura 4: Avaliação da dentição dos alunos da cidade de Chinaré, Igreja Nova, AL.



Figura 5: Entrega de kits de higiene oral para a população do município de São Brás, AL.



Como resultado parcial, pode-se identificar a presença de diversas más oclusões na maioria dos participantes. Com relação à perda precoce de elementos dentais, infelizmente, constatou-se nessa amostra de mais de 100 crianças, com idade entre 2-14 anos, que mais de 50% tem ou já tinham tido cárie dentária e que, no grupo dos ribeirinhos entre 8-10 anos, mais de 40% já haviam perdido pelo menos 1 primeiro molar permanente ou já o apresentava muito destruído por cárie. Vale ressaltar, que o ser humano apresenta 4 primeiros molares permanentes e que estes erupcionam por volta dos 6 anos de vida e devem permanecer na boca durante toda a vida. Tal condição de doença bucal nos dias atuais ainda é uma realidade, principalmente em regiões que se encontram em vulnerabilidade social, como as comunidades visitadas ao longo do Velho Chico.

## **CONCLUSÃO**

Diante de uma população que se encontra em vulnerabilidade social, este estudo contribuiu com uma visão sobre a vivência dos expedicionários que deve ser considerada extremamente importante na implementação e sustentabilidade do programa de saúde bucal para a população ribeirinhas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

DOMINGOS P, RICCI-DONATO H, NONATO C, GUTIERRE G, SIGNORI J. Trabalhos voluntários em programas de Saúde bucal: relato de experiência obtida no projeto “sorriso Caiçara”. *Journal of Research in Dentistry*. 2019; 7(1);1-6.

JÚNIO J, VIEIRA L, LIMEIRA M, GOMES M, ARAÚJO M, OLIVEIRA D, CHACON L, MACENA M, RODRIGUES R. Práticas educativas em Saúde bucal direcionadas aos usuários do restaurante popular da cidade de Patos-PB. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*. 2017; 8(2);67-74.

SANTOS C, XAVIER A, ARAKAWA-BELAUNDE A, BASTOS R. Promoção da Saúde da população ribeirinha da região Amazônica: relato de experiência. *Rev.CEFAC*. 2015;17(5),1521-1530.

José Vieira Silva<sup>1</sup>, Antônio Jackson Borges Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor Associado, PPGAA / CRAD. *Campus* Arapiraca. Universidade Federal de Alagoas.

<sup>2</sup>Fundador e Gestor do Museu Ambiental Casa do Velho Chico. Traipu - Alagoas.

## RESUMO

As atividades de educação ambiental realizadas durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, em 2020 foram desenvolvidas em escolas públicas de ensino fundamental e médio das comunidades ribeirinhas. Devido às recomendações e protocolos adotados em tempos de pandemia, as visitas às escolas foram somente com a presença de professores e diretores e teve como finalidade fazer o levantamento de demandas sobre o desenvolvimento de futuras ações de educação ambiental que estivessem diretamente ligados aos problemas ambientais do Rio São Francisco. Foram realizadas reuniões também com gestores públicos municipais e das áreas correlatas de atuação com a educação. Já conhecida à realidade local a partir das expedições anteriores, no ano de 2020 foram doados notebooks e Datashow para duas escolas ribeirinhas, como parte de um projeto piloto que será desenvolvido no ano de 2021.

## INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais mais severos do BSF que foram encontrados nas Expedições de 2018 e 2019 e decorrem das condições sócio-econômicas críticas e adversas, onde a população ribeirinha residente utiliza, em grande escala, os recursos naturais locais como fonte de subsistência. Isto tem gerado uma pressão antrópica muito grande sobre as áreas de Caatinga e dos recursos hídricos, com diferentes níveis de importância ecológica, conservação e degradação. De maneira geral, ao longo dos tempos, as áreas de Caatinga do BSF e mesmo as áreas das regiões de transição e de mata atlântica têm sido negligenciadas do ponto de vista ambiental, de forma que a devastação atinge proporções alarmantes. E este fato tem se agravado devido ao elevado grau de

degradação nas áreas de preservação permanentes (APPs), matas ciliares e nascentes, tanto dos seus afluentes de 1ª e 2ª ordem, como do próprio Rio São Francisco.

Os indicadores socioeconômicos do BSF apresentam um PIB baixo e os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios são classificados como baixos (0,45 a 0,599, grande maioria) e médios (entre 0,6 e 0,699, poucos). O Alagoano do BSF tem um salário médio mensal inferior ao salário mínimo nacional e renda per capita média mensal por pessoa da família inferior a R\$ 200,00 (IBGE, 2021). Outro ponto indicador, que é reflexo direto da distribuição de renda e muito preocupante, diz respeito ao Índice IDEB, das séries iniciais e finais do ensino primário, onde os valores médios da última avaliação, divulgada em 2017, foram considerados preocupantes e muito baixos e estão entre 3 e 5 (INEP, 2021).

As expedições científicas no Baixo São Francisco (BSF) realizadas nos anos de 2018 e 2019 permitiu-nos conhecer e vivenciar a realidade e os desafios da educação nas escolas públicas e privadas das comunidades ribeirinhas. É um desafio que vai muito além dos conteúdos programáticos e planejamentos pedagógicos, pois são limitantes em decorrência da infraestrutura de apoio, disponibilidade de recursos e, sobretudo, pelas dificuldades de inclusão digital.

As abordagens de educação ambiental adotadas durante as expedições no Baixo São Francisco foram voltadas para uma integração de conteúdos técnico-científicos no contexto das escolas ribeirinhas. Este modelo já utilizado com sucesso em comunidades ribeirinhas do Brasil e em diferentes regiões do mundo (América do Norte, África, Ásia e Oceania), consiste em inserir e executar os planejamentos pedagógicos de forma enfática, onde os governos, das três esferas, garantam os recursos nos seus planos plurianuais (SORRENTINO et al, 2005; LIMA, ANDRADE, 2010; CUTTER-MACKENZIE, 2011; JACOBI, 2013; NWACHUKWU, 2014; ROSA, et al, 2015; BERCHEZ et al, 2016; NOGUEIRA, SOUZA, 2019; EMAS, 2020).

No Brasil, a educação ambiental foi incluída pela primeira vez no Plano Plurianual do governo federal através da Lei nº 9.276, de 9 de maio de 1996. Esta previa a promoção da educação ambiental através da divulgação e uso de conhecimento sobre tecnologias de gestão sustentável dos recursos naturais. Com a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a educação ambiental, foi instituída a Política Nacional de Educação Ambiental, que permitiu o governo federal oficializar o entendimento de educação ambiental:

*"Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade". (BRASIL, 2005).*

Mesmo com todo aparato moderno de Leis sobre Educação ambiental, pode-se perceber na prática que há uma enorme negligência quanto à sua aplicação e execução prática, principalmente nos locais onde ocorrem as mais demandas e carências. Independente da esfera das escolas públicas, municipais ou estaduais, ao se fazer uma análise conjuntural das condições encontradas nas escolas ribeirinhas do BSF, constata-se que muito pouco mudou em relação à adoção de uma matriz didática pedagógica voltada à educação ambiental nestas escolas.

Com este contexto posto, as percepções levantadas durante as expedições científicas no BSF apontam para a existência de problemas ambientais comuns aos demais locais do mundo. No entanto, no BSF, a realidade da educação ambiental nas escolas ribeirinhas é bastante destoante, uma vez que a execução dos conteúdos e temáticas ambientais do contexto pedagógico ainda está distante de serem vivenciados na prática educativa local (SILVA, VIEIRA, RIAL, 2020; SILVA, CAMPELO, RIAL, 2020).

Há uma grande lacuna entre os conteúdos dos planejamentos pedagógicos e o contexto ambiental local. E isto constitui uma das maiores limitações quanto à adoção de uma política de ensino de conteúdos ambientais mais abrangentes e associados às realidades locais. Com isto em mente, o conteúdo deste material visa retratar um pouco da realidade encontrada nas escolas públicas e privadas visitadas durante as duas Expedições.

## **METODOLOGIA DE TRABALHO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM TEMPOS DE COVID**

A 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco ocorreu no período de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020, no meio de uma pandemia de COVID-19. Neste período foram seguidos todos os procedimentos de distanciamento, proteção e de higiene recomendados para se evitar o contágio e a transmissão do vírus. Estes procedimentos foram mantidos ao longo de toda a expedição e durante as visitas aos municípios e comunidades, e seguidos à risca. As escolas visitadas foram dos municípios de Piranhas,

Pão de Açúcar, Traipu, São Brás (parada extra), Porto Real do Colégio, Igreja Nova (Chinaré), Penedo, Piaçabuçu e em Sergipe, Brejo Grande (associação / quilombola).

As atividades de educação ambiental foram realizadas durante a 3ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, em escolas públicas e particulares de ensino fundamental e médio das comunidades ribeirinhas. Devido às recomendações e protocolos adotados em tempos de pandemia, as visitas e reuniões nas escolas foram realizadas somente com a presença de professores e diretores. Estas reuniões tiveram como finalidades fazer os levantamentos de demandas de cada localidade sobre o desenvolvimento de futuras ações de educação ambiental e que estivessem diretamente ligados aos problemas ambientais locais em relação ao rio.

Como as aulas presenciais estavam suspensas e ocorrendo somente no modo online, foi relatada uma grande dificuldade de adaptação, tanto de professores, diretores e principalmente dos alunos mais carentes, por falta de recursos de informática e de telefonia para acesso à rede mundial de computadores e internet.

Além das reuniões com os professores e diretores de escolas, foram realizadas reuniões com gestores e secretários municipais de áreas correlatas à educação para se conhecer a atual situação das políticas públicas adotadas pelos municípios para a educação em tempos de pandemia. Na sua totalidade, foi percebida uma dificuldade muito grande dos gestores para adequação dos orçamentos às novas realidades de pandemia e para garantir um ensino com uma qualidade mínima aceitável.

Em decorrência do conhecimento da realidade local a partir das expedições anteriores, no ano de 2020 foram planejadas e implantadas as primeiras ações permanentes efetivas de educação ambiental decorrentes da Expedição, com a doação de dois (2) notebooks e um (01) datashow para duas escolas ribeirinhas, como parte de um projeto piloto que será desenvolvido no ano de 2021.

## **RESULTADOS**

De forma geral, mesmo em tempos de pandemia de COVID, as reuniões nas escolas das comunidades ribeirinhas permitiram uma grande integração expedição-comunidades. Esta integração resultou conhecimento da realidade local ainda maior, dada às condições de pandemia, bem como ver quais os desafios para enfrentar ou superar os problemas para uma nova abordagem dos problemas ambientais enfrentados pelas comunidades, em relação ao rio. Além disso, foi possível conhecer quais recursos já existem e estão

disponíveis nas escolas e a forma como poderão utilizados para melhorar o nível de conscientização dos ribeirinhos para superar os problemas de degradação do rio.

De todas as reuniões, foi possível perceber que o grau de dificuldade quanto à disponibilidade de infraestrutura e de recursos financeiros para a educação ambiental são ainda maiores do que os observados nos anos de 2018 e 2019. Portanto, os desafios para os gestores públicos também serão maiores, assim como deveremos pensar em novas alternativas e parcerias para o desenvolvimento de novas ações inovadoras para levar educação ambiental aos ribeirinhos.

#### *– Principais eixos de trabalho para a Educação Ambiental*

Com o advento da pandemia de COVID, a realidade das comunidades ribeirinhas do Baixo São Francisco requer uma atenção ainda mais diferenciada pelos órgãos governamentais. Mesmo dispondo do recurso básico mais importante, a água, estas comunidades continuam a viver em um estado de pobreza extrema, com grande escassez de recursos básicos para alimentação e com sérios problemas de degradação ambiental. Um dos pontos de maior limitação, e o principal gargalo identificado nas duas expedições científicas (2018 e 2019), foi o baixo nível educacional da população em geral. Em 2020, com as limitações impostas pela pandemia, esta situação se tornou ainda mais grave, o que não é diferente da realidade causado por diversos fatores inerentes ao sistema educacional brasileiro, em todo o território Nacional (Silva et al., 2020).

Dentre os pontos identificados como sérios limitantes para uma ação efetiva de educação ambiental em curto prazo estão:

- Baixa qualidade do ensino nas escolas ribeirinhas, principalmente nas séries iniciais do ensino fundamental: isto ocorre em função das limitações de recursos financeiros locais e das deficiências inerentes ao suporte educacional para inclusão digital e tecnológica disponibilizada para estas escolas ribeirinhas.

- É urgente a inserção das escolas no contexto de desenvolvimento tecnológico e digital que permitam as mesmas o acesso às informações universais disponíveis no mundo digital e a difusão destas como ferramentas de ensino, aprendizagem e desenvolvimento humano e social.

- Realização de qualificação continuada com cursos e metodologias voltadas para educação ambiental integrada para professores, coordenadores, diretores e funcionários das escolas visitadas.

- Atualização de recursos didáticos e de suporte como biblioteca, brinquedoteca e outros suportes afins com temas sobre educação ambiental que permitam ampliar ou mesmo ser a única fonte de recursos a ser consultada pelos estudantes. Para isso faz-se necessário à disponibilização de recursos financeiros que possam fomentar a aquisição de materiais de informática e audiovisuais, materiais didáticos, multimídia, brinquedos pedagógicos, literatura educacional e similar atualizados pode ser somente um ponto levantado para melhorar a qualidade do ensino e a educação ambiental das escolas ribeirinhas.

– *Questões a serem superadas pelas ações de educação ambiental*

Com as três Expedições foi possível identificar que:

- Existe uma lacuna enorme ou mesmo falta absoluta de programas de educação ambiental mais amplo no âmbito das comunidades ribeirinhas. Estas ações precisam fazer parte da matriz educacional, de caráter permanente ou mesmo eventual e que tratem das questões que atingem ou que provocam os problemas de degradação na bacia do rio.

- Há uma dissociação enorme entre os problemas ambientais que ocorrem no rio e a realidade vista pelos ribeirinhos de forma geral, inclusive por gestores públicos e educadores. Desta forma, torna-se difícil a conscientização da população e das comunidades ribeirinhas, que são usuárias diretas das águas e dos serviços ambientais ofertados pelo o Velho Chico.

- A falta de saneamento básico para a quase totalidade dos municípios da bacia do Velho Chico, é outro ponto que pesa em muito para a ineficiência ou menor alcance das ações de educação ambiental. Isto precisa ser trabalhado mais nas escolas, para que os alunos saibam da importância do tratamento dos esgotos e da coleta de lixo, e poderem associar seu lixo e seu esgoto com os problemas de poluição do rio.

- Realização de eventos locais tradicionais que possam ser associados com a temática ambiental, como corrida de canoas, festas de padroeiros, peixamentos e outros mais.

- Superação da cultura do vitimismo, pois há um forte traço cultural presente nestas populações no que diz respeito a esperar que o poder público constituído resolva todos seus problemas, inclusive aqueles de cunho pessoal. Esta cultura do vitimismo tem mascarado e desvirtuado completamente o papel que cada indivíduo precisa assumir perante os compromissos e obrigações inerentes à resolução da questão ambiental do rio.

- As políticas sociais e ambientais, no âmbito das esferas federal, estadual e municipal, assim como das ações de agências públicas e privadas, não apresentam capilaridade ou acolhida no âmbito das comunidades ribeirinhas, que estão alheias aos problemas ambientais atuais e aos fatos causadores dos mesmos. É perceptível que há esforços de uns poucos ativistas e defensores do Velho Chico, porém a extensão dos problemas ambientais e sociais, em muito suplantam as ações desenvolvidas pelos mesmos.

*- Dados Gerais das Escolas visitadas na 3ª Expedição Científica*

No contexto geral, as escolas visitadas nas diferentes cidades foram:

**Cidade: PIRANHAS – AL**

- Escola Centro Municipal de Ensino Professor Ivan Fernandes Lima

**Cidade: PÃO DE AÇÚCAR – AL**

- Unidade Municipal de Ensino Bráulio Cavalcante

- Centro Educacional Opção – CEO

- Escola Primeiros Passos

**Cidade: TRAIPIU – AL**

- Escola Municipal de Educação Básica Francisco Mangabeira

- Escola Estadual Moreno Brandão

**Cidade: PORTO REAL DO COLÉGIO – AL**

- Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof Ernande de Figueiredo Magalhaes

**Cidade: IGREJA NOVA (Povoado do CHINARÉ) – AL**

- Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva

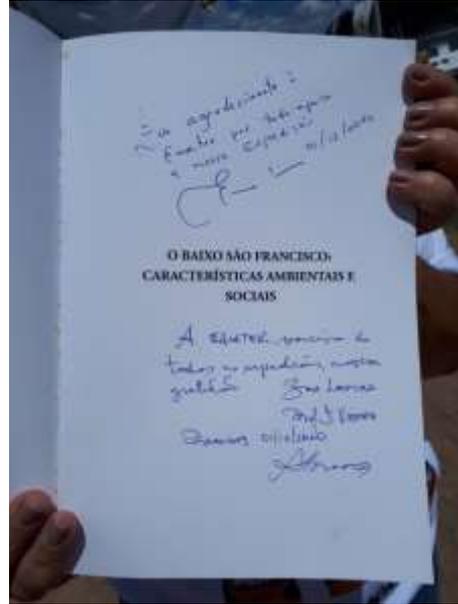
**Cidade: PENEDO - AL**

- Escola Municipal de Educação Básica Professor Douglas Apratto Tenório

**Cidade: PIAÇABUÇU – AL**

- Grupo Escolar Municipal Messias Calumby

- Registros de algumas atividades relacionadas à educação ambiental desenvolvidas durante a 3ª Expedição Científica do BSF, em 2020.



Lançamento do livro “O Baixo São Francisco – Características Ambientais e Sociais”, com o exemplar entregue e dedicado à EMATER, em Piranhas – AL.



Peixamento realizados em Piranhas – AL, em ação conjunta da CODEVASF com a Expedição.



Equipe da EMATER de apoio logístico em terra às ações de Educação Ambiental, em Piranhas - AL.



Reunião com os professores e diretores da Escola Municipal de Ensino Professor Ivan Fernandes Lima, em Piranhas - AL



Reunião com os professores e diretores das escolas Unidade Municipal de Ensino Bráulio Cavalcante, Centro Educacional Opção – CEO e Escola Primeiros Passos, em Pão de Açúcar – AL.



Reunião com os professores e diretores da Escola Municipal de Educação Básica Francisco Mangabeira e Escola Estadual Moreno Brandão, em Traipu – AL.



Reunião com gestores públicos, professores e diretores da Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof Ernande de Figueiredo Magalhaes, em Porto Real do Colégio – AL.



Entrega de equipamentos de informática (notebook e datashow) para a Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva para uso nas atividades de educação ambiental, no povoado Chinaré, em Igreja Nova - AL.



Reunião com os professores, coordenadores e Diretor da Escola Municipal Professor Douglas Apratto Tenório, com inclusão de alunos especiais nas atividades, em Penedo, AL.



Reunião com professores, coordenadores e Direção e entrega de um notebook para educação ambiental para a Escola Municipal de Educação Básica Messias Calumby, de Piaçabuçu, AL.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como verificado nas Expedições Científicas dos anos anteriores, é possível afirmar de maneira ainda mais categórica e assertiva, que a pandemia só aumentou a enorme lacuna ou distância que existia na abordagem entre os problemas ambientais atuais encontrados na região do Rio São Francisco e o envolvimento das comunidades ribeirinhas na busca de soluções locais.

Também é possível constatar que a educação ambiental, nas comunidades ribeirinhas e escolas visitadas, continuam sendo tratada de forma superficial, seja no dimensionamento de projetos pedagógicos, ou na falta de políticas públicas com estímulos e recursos oficiais (federal, estadual e municipal) para desenvolvê-las de maneira efetiva. Com a pandemia foi possível constatar que nem mesmo as poucas ações isoladas foram realizadas pelas comunidades ribeirinhas.

Percebe-se ainda que exista uma grande dissociação por parte dos gestores públicos, com relação aos problemas das áreas ambiental e afins com a política educacional vigente, porém atribuem muitos problemas do dia-a-dia à falta de educação não formal das pessoas.

E para fins de planejamento futuro, por parte dos agentes públicos do baixo São Francisco, é fortemente recomendado que desenvolvam uma política de educação ambiental séria e focada nos problemas e nas questões diretas do dia-a-dia da degradação ambiental do rio e como superá-las.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERCHEZ, F.A.S.; ET AL.. Marine and coastal environmental education in the context of global climate changes - synthesis and subsidies for ReBentos (Coastal Benthic Habitats Monitoring Network). *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(sp2):137-156. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-875920160932064sp2>
- BRASIL. Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA. 3ª edição. Edições MMA. Ministério do Meio Ambiente. 2005. 105p.
- CUTTER-MACKENZIE, A.. Issue Special: The “ness” of Environmental Education. *Australian Journal of Environmental Education*. Vol. 27 (1) 2011. 201 P.
- EMAS. PEA como solução para educação ambiental nas escolas. E-book. EMAS Jr. Consultoria. Belo Horizonte – Minas Gerais. Fevereiro, 2020. 20 p.
- IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2019. PNADC. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/10070/64506>. Acesso em 21 de janeiro de 2021.
- INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>. Acesso em 21 de janeiro de 2021.
- JACOBI, M.. Environmental Education: Policy and Practice. *Regae: Rev. Gest. Aval. Educ.* Santa Maria v. 2(4): 63 -71. 2013. DOI: [10.5902/2176217111716](https://doi.org/10.5902/2176217111716).
- LIMA, M.; ANDRADE, E.. Os ribeirinhos e sua relação com os saberes. *Revista Educação em Questão*, Natal, v38 (24): 58-87. 2010.
- NOGUEIRA, M.N.L.; SOUZA, L.O.. Educação Ambiental: um estudo de caso em uma comunidade ribeirinha do Estado do Amazonas. *Ensino Em Re-Vista*, 26(2): 320-344. 2019. <https://doi.org/10.14393/ER-v26n2a2019-2>.
- NWACHUKWU, M. A.. Environmental Education & Awareness Manual - With Wall Chart. *In: General Knowledge about Environmental Education and Sustainability*. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2014. 100 p
- ROSA, T., et al. A educação ambiental como estratégia para a redução de riscos socioambientais. *Ambiente & sociedade*, São Paulo, v.18, n.3, p. 211-230. 2015.
- SILVA, J. V.; VIEIRA, J.V.; RIAL, E.P.. Matas ciliares, assoreamento e educação ambiental no baixo São Francisco. *In: Relatório da I Expedição do Baixo São Francisco*. Relatório Técnico. 19 p. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.16792.75522

- SILVA, J.V.; CÂMPELO, M.J.R.; RIAL, E.P.. Educação ambiental nas escolas ribeirinhas do baixo São Francisco. In: *Relatório da II Expedição do Baixo São Francisco*. p 463 - 496. 2020. DOI: [10.13140/RG.2.2.13742.54082](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13742.54082) ISBN: 978-65-991634-0-1.

- SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, R.; FERRARO JR, L.A.. Educação ambiental como política pública. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio/ago. 2005. DOI: [10.1590/S1517-97022005000200010](https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200010).

Marcus Aurélio Soares Cruz<sup>1</sup>, Carlos Alberto da Silva<sup>1</sup>, Silvânio Silvério Lopes da Costa<sup>2</sup>, Carlos Alexandre Borges Garcia<sup>2</sup>, Robson Dantas Viana<sup>1</sup>, Petrônio Alves Coelho Filho<sup>3</sup>, Marco Yves de Aguiar Vitório Praxedes<sup>3</sup>, Lucas Cruz Fonseca<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, <sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe, <sup>3</sup>Universidade Federal de Alagoas, <sup>4</sup>Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe.

## RESUMO

Visando fortalecer o diagnóstico das mudanças na qualidade das águas e monitorar aspectos sócio-ambientais, foi realizada a III Expedição Científica do Baixo Rio São Francisco, abrangendo uma área de 25.500 km<sup>2</sup>, a qual possibilitou a coleta de amostras de água superficial e com profundidade, em 27 pontos de amostragem. Os valores de salinidade encontrados sugerem que entre os municípios de Piranhas-AL e Neópolis-SE as águas podem ser classificadas como água doce, não apresentando restrição de uso para irrigação de culturas. Já para os pontos de amostragem identificados pelos municípios de Piaçabuçu-AL e Brejo Grande-SE, as águas em profundidade podem ser classificadas como salobras. Também é possível destacar que as águas mais profundas apresentaram maior teor de sais, devido ao avanço da cunha salina, que apresenta maior densidade que a água doce. Os resultados encontrados demonstraram forte influência da água do mar, que tem avançado, adentrando ao rio São Francisco, impactando diretamente na qualidade da água e na biodiversidade deste importante rio brasileiro.

**Palavras-chave:** cunha salina, efeito da maré, qualidade da água.

## INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas enfrentados pela população na região do Baixo São Francisco (BSF) está relacionado à presença excessiva de sais em decorrência da entrada das águas do oceano na calha do rio São Francisco. A intrusão salina associada à poluição hídrica vem afetando negativamente as atividades econômicas da região, podendo vir a inviabilizar, em último caso, a utilização das águas para fins de abastecimento humano, com prejuízos não restritos apenas aos municípios ribeirinhos à calha do rio São Francisco

(Gonçalves, 2016; Medeiros et al., 2016), mas a todos os municípios que utilizam essas águas para fins de abastecimento, como é o caso do município de Aracaju-SE. Esse cenário tem mostrado sinais de piora nos últimos anos, e pode ser associado à exploração excessiva de recursos naturais, como a remoção de mata ciliar em rios tributários e ao baixo nível, ou não realização, de tratamento de esgoto urbano nos municípios da região, com impactos agravados pela ocorrência de longos períodos de seca, levando a decisões gerenciais que não promoveram adequadamente os usos múltiplos da água do rio (Cunha, 2015).

O regime de vazões do rio São Francisco nessa região é regido pelos reservatórios localizados nas partes mais altas da bacia, como as barragens de Sobradinho, Itaparica e Xingó, cujas afluições foram reduzidas nos últimos anos, devido ao uso inadequado da terra, com redução da produção de água na bacia e aumento da erosão do solo, bem como sucessivos períodos de seca (CHESF, 2017). Como consequência, há uma redução gradual dos fluxos mínimos no rio, com impactos significativos, dentre os quais o avanço da cunha salina na região da foz, causando a salinização das águas utilizadas para abastecimento e atividades agrícolas, com alterações na biota local e diminuição dos estoques pesqueiros, resultando no desaparecimento de algumas espécies de peixes e crustáceos, e o surgimento de outros afeitos a ambientes salinizados. Associados a esta questão, a menor capacidade depurativa do rio, resultado de vazões mais baixas ao longo de períodos mais longos, contribui significativamente para a manutenção de poluentes em concentrações prejudiciais à biota, consumo e irrigação de culturas (Medeiros et al., 2016).

Assim, verifica-se uma diminuição da capacidade produtiva dos setores econômicos que dependem da flutuação dos níveis de água para o seu desenvolvimento adequado, como o cultivo de arroz e a piscicultura, por exemplo; e logicamente, uma diminuição nos índices de desenvolvimento humano da população da região (Cunha, 2015).

Este estudo buscou caracterizar a atual situação da presença de sais nas águas do rio São Francisco por meio de análises de amostras coletadas ao longo de pontos localizados em diferentes municípios da região do Baixo São Francisco.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo localiza-se na região do Baixo rio São Francisco (BSF) entre os estados de Sergipe e Alagoas, cobrindo uma área de 25.500 quilômetros quadrados, onde

vive uma população de cerca de 1,5 milhão de habitantes, dos quais 440.000 residem em áreas ao longo do rio São Francisco. O estudo abrangeu os municípios alagoanos de Piranhas, Pão de Açúcar, Belo Monte, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo, Neópolis e Piaçabuçu e os municípios sergipanos de Propriá e Brejo Grande, conforme pontos de coleta referenciados na Figura 1.

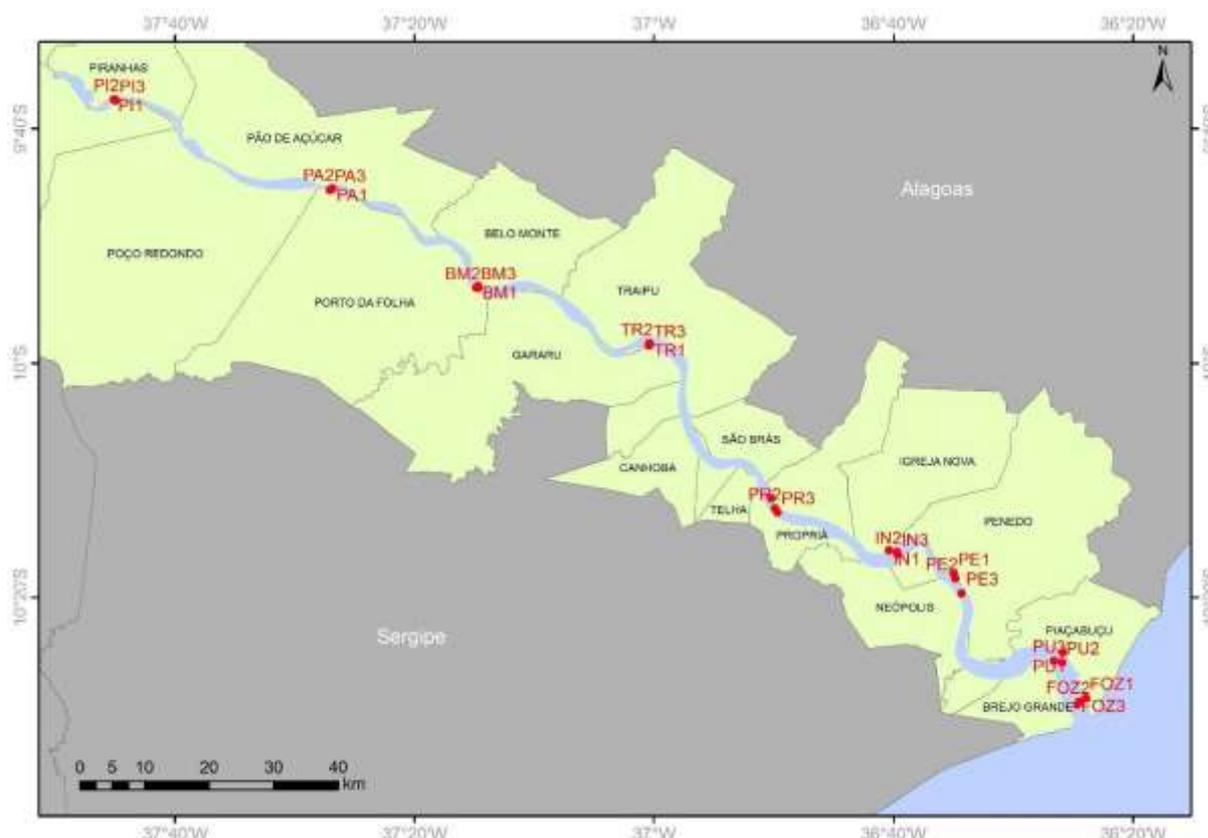


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta de amostras de água do rio na região do Baixo rio São Francisco

Foram selecionados vinte e sete pontos para coleta de amostras de água de forma aleatória, buscando representar o comportamento médio das seções de medição do rio presentes em cada município. Assim, foram realizadas coletas próximas às duas margens e em um ponto intermediário, priorizando os horários de maré alta (Figura 1). A seguir, está disposta a Tabela descritiva dos pontos de coleta de amostras de água, com coordenadas geográficas no Datum WGS1984 (Tabela 1).

As amostras de água foram coletadas na superfície e fundo utilizando-se garrafa de Van Dorn. A água foi transferida a bordo para garrafas de polietileno de 500 mL previamente limpas com detergente neutro e, em seguida, em banho ácido de HNO<sub>3</sub> 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água Mili-Q (18 μΩ), devidamente identificadas,

transportadas refrigeradas em caixas térmicas até o laboratório e estocadas em temperaturas abaixo de -15 °C em freezer até o momento da análise (Figura 2). As análises dos íons sódio (Na), cloreto (Cl), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na água foram feitas em cromatógrafo de íons no laboratório da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO). Os parâmetros físico/químicos pH, temperatura da água, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade foram medidos *in situ* por meio da utilização de uma sonda multiparamétrica modelo YSI EXO1, cedida pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS). A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa R e foram produzidos mapas utilizando o software livre QGIS.

Tabela 1 – Localização dos pontos de coleta de amostras de água no BSF

Município	Ponto	Longitude	Latitude
Piranhas/AL	PI1	-37.751278	-9.624347
	PI2	-37.749750	-9.624700
	PI3	-37.749370	-9.626304
Pão de Açúcar/AL	PA1	-37.447327	-9.750914
	PA2	-37.449494	-9.752503
	PA3	-37.450444	-9.753866
Belo Monte/AL	BM1	-37.244480	-9.889896
	BM2	-37.244013	-9.892764
	BM3	-37.247284	-9.892921
Traipu/AL	TR1	-37.006143	-9.971428
	TR2	-37.005506	-9.972609
	TR3	-37.006676	-9.974881
Propriá/SE	PR1	-36.836774	-10.192243
	PR2	-36.831299	-10.206496
	PR3	-36.827987	-10.212273
Igreja Nova/AL	IN1	-36.672528	-10.266311
	IN2	-36.661799	-10.268844
	IN3	-36.660687	-10.271721
Penedo/AL	PE1	-36.582383	-10.299611
	PE2	-36.580135	-10.306073
	PE3	-36.571452	-10.327155
Piaçabuçu/AL	PU1	-36.430666	-10.412070
	PU2	-36.431902	-10.426152
	PU3	-36.442632	-10.423743
Brejo Grande/SE	FOZ1	-36.398627	-10.476388
	FOZ2	-36.407867	-10.481488
	FOZ3	-36.410863	-10.485840

Figura 2 – Procedimentos de coleta de amostras de água e medição na III Expedição do Baixo Rio São Francisco em novembro de 2020.



A avaliação da condição ambiental e de usos múltiplos das águas foi realizada por meio da comparação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005; pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde sobre padrões de potabilidade, e limites estabelecidos pelo documento da FAO relacionado ao uso para irrigação (Ayers & Westcot, 1994) (Tabela 2).

Tabela 2. Limites comparativos para avaliação ambiental e de usos múltiplos para os parâmetros medidos nas amostras de água coletadas no Baixo São Francisco e suas respectivas fontes de consultas.

Parâmetro	Limites	Fonte
pH	6,0 a 9,0	
Salinidade	Águas doces < 0,5 ‰ 0,5 ‰ < Águas salobras < 30,0‰ 30,0‰ > Águas salinas	CONAMA 357/05
CE (dS.m <sup>-1</sup> ) Restrição para irrigação	Nenhuma < 0,7 0,7 < Moderada < 3,0 Severa > 3,0	
SDT	2000,0 mg/L	
Na <sup>+</sup>	900,0 mg/L	FAO (Ayers & Westcot, 1994)
Ca <sup>++</sup>	400,0 mg/L	
Mg <sup>++</sup>	60,0 mg/L	
Cl <sup>-</sup>	1000,0 mg/L	
Na <sup>+</sup>	200,0 mg/L	Portaria 05/2017 MS
Cl <sup>-</sup>	250,0 mg/L	Potabilidade

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas coletadas, tanto em superfície quanto no fundo, da localidade de Piranhas at Neópolis/Penedo foram enquadradas como “águas doces” (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰) segundo a resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Tabela 2). A salinidade média foi  $0,04 \pm 0,005$  ‰ e valores mínimos de 0,00‰ e máximos de 0,04‰ (Tabela 3). Os valores de Condutividade Elétrica (CE) apresentaram média de  $0,085 \pm 0,01$  dS/cm e de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) de  $55,43 \pm 6,22$  mg/L, estando as águas classificadas como de nenhuma restrição ao seu uso para fins de irrigação de culturas segundo a FAO (Tabela 2).

Tabela 3. Parâmetros ambientais medidos nos pontos coletados de Piranhas/AL até Neópolis-SE durante a II Expedição no Baixo rio São Francisco (Média  $\pm$  Desvio Padrão, Mínimo e Máximo)

Param. Unid.	Temp °C	pH	CE dS/cm	SDT mg/L	Sal ppt	Na mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L	Cl mg/L
Média	28,32	7,68	0,085	55,43	0,04	5,45	11,99	2,90	5,30
D.P.	1,04	0,22	0,010	6,22	0,005	4,88	0,31	0,72	7,55
Min.	27,53	6,62	0,002	1,00	0,00	3,04	11,00	2,23	1,55
Max.	37,48	8,50	0,097	63,00	0,04	33,79	12,79	7,10	50,35

Os níveis de sódio ( $\text{Na}^+$ ) das águas superficiais e de fundo dos pontos no trecho em questão apresentaram concentração média de  $5,45 \pm 4,88$  mg/L e valores mínimos de 3,04 mg/L e máximos de 33,79 mg/L. Esses valores da concentração de sódio na água encontram-se abaixo do limite de potabilidade de 200 mg/L definido para esse parâmetro pela Portaria de consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde, sendo viável para o consumo humano, e portanto, sem possíveis implicações também para o uso em irrigação de culturas (Tabela 2). Da mesma forma, as concentrações médias de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) ( $11,99 \pm 0,31$  mg/L), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) ( $2,90 \pm 0,72$  mg/L) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) ( $5,30 \pm 7,55$  mg/L), mostraram-se inferiores aos limites relativos ao uso para irrigação, bem como aos padrões de potabilidade, no caso do cloreto.

Nos pontos de amostragem no rio São Francisco nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande, as águas coletadas em superfície (Tabela 4 e Figura 3A) foram enquadradas também como “águas doces” (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), com valores médios de  $0,06\text{‰} \pm 0,07$ , no entanto com valores máximos em Brejo Grande se

aproximando do limite para águas salobras. Tal fato pode estar relacionado à profundidade da cunha salina no momento das medições, que normalmente se localiza em camadas mais profundas dos corpos d'água. Para as medições em profundidade (Tabela 5), as águas nestes locais foram enquadradas como “águas salobras” (águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰), conforme a resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Tabela 2). A salinidade das águas de fundo variou de 0,04‰ a 24,11‰ (Figura 3B), no trecho do rio São Francisco na localidade de Piaçabuçu/AL a Brejo Grande/SE. Os valores mínimos ocorreram em Piaçabuçu e podem estar relacionados aos locais da coleta, que provavelmente estariam sob influência de águas locais em menores concentrações de sais.

Tabela 4. Análise estatística dos parâmetros medidos em amostras superficiais nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande na II Expedição do Baixo rio São Francisco

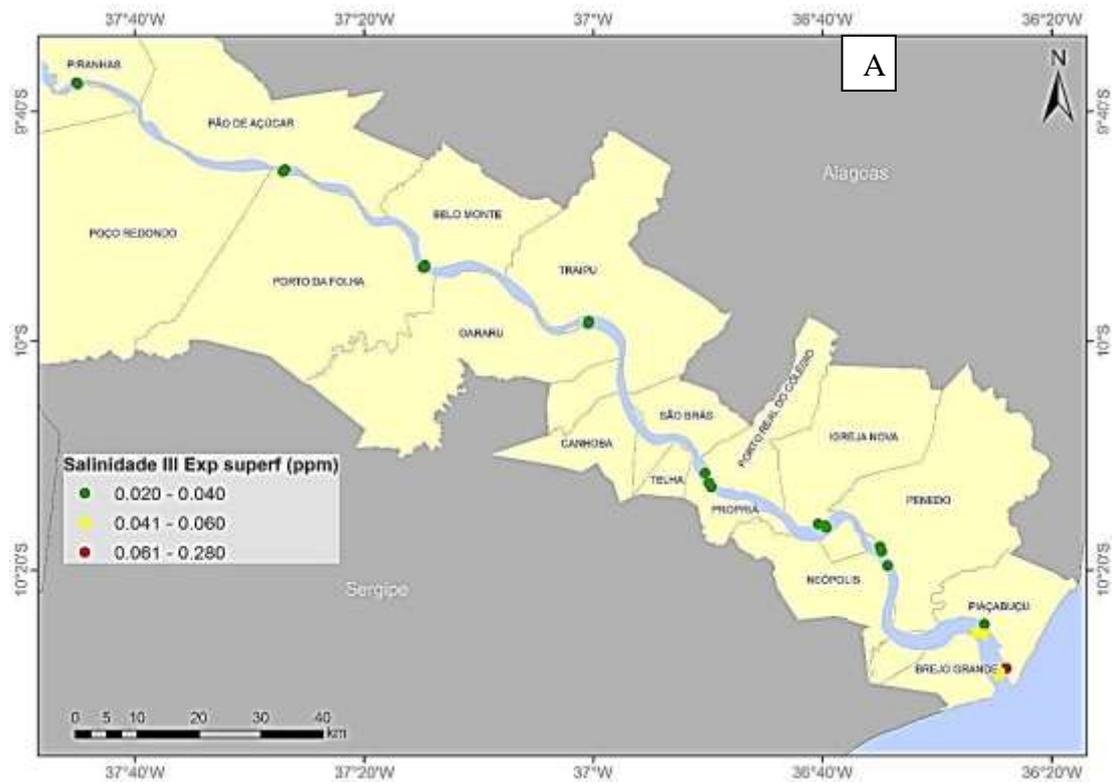
<b>Param</b> <b>Unid.</b>	<b>Temp</b> <b>°C</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b> <b>dS/cm</b>	<b>SDT</b> <b>mg/L</b>	<b>Sal</b> <b>ppt</b>	<b>Na</b> <b>mg/L</b>	<b>Ca</b> <b>mg/L</b>	<b>Mg</b> <b>mg/L</b>	<b>Cl</b> <b>mg/L</b>
<b>Média</b>	28,53	7,76	0,136	88,29	0,06	46,09	12,56	9,40	76,41
<b>D.P.</b>	0,34	0,16	0,137	89,14	0,07	81,20	1,76	11,66	139,14
<b>Min.</b>	28,01	7,54	0,087	56,00	0,04	3,83	10,86	2,69	3,70
<b>Max.</b>	28,98	8,38	0,590	383,00	0,28	253,99	16,80	38,37	431,77

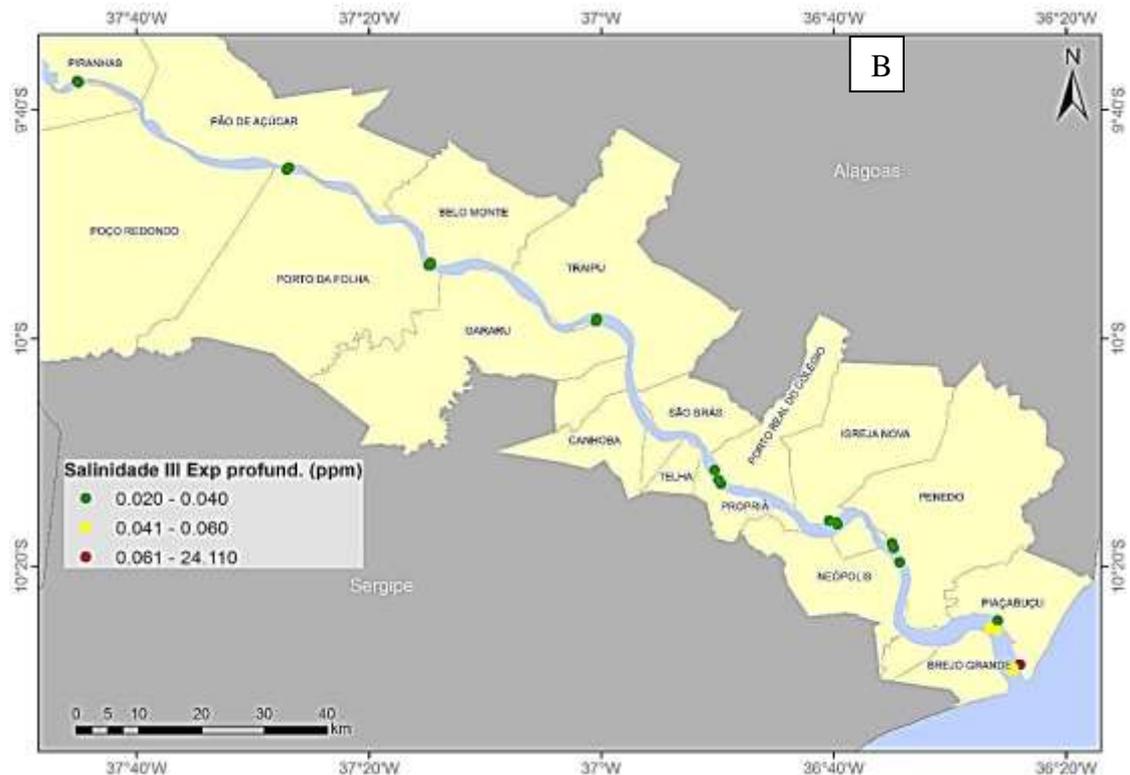
Tabela 5. Análise estatística dos parâmetros medidos em amostras em profundidade nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande na II Expedição do Baixo rio São Francisco

<b>Para</b> <b>m</b> <b>Unid.</b>	<b>Tem</b> <b>p</b> <b>°C</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b> <b>dS/cm</b>	<b>SDT</b> <b>mg/L</b>	<b>Sal</b> <b>ppt</b>	<b>Na</b> <b>mg/L</b>	<b>Ca</b> <b>mg/L</b>	<b>Mg</b> <b>mg/L</b>	<b>Cl</b> <b>mg/L</b>
<b>Média</b>	28,34	7,8 0	3,853	2504,67	2,34	171,9 5	15,0 0	26,31	279,08
<b>D.P.</b>	0,36	0,2 3	9,800	6370,16	6,15	303,9 3	7,56	42,39	499,74
<b>Min.</b>	27,84	7,4 8	0,087	56,00	0,04	3,93	6,65	2,72	3,54
<b>Max.</b>	28,98	8,3 8	38,09 2	24760,0 0	24,1 1	812,1 3	35,8 4	108,5 2	1346,9 1

As águas amostradas no fundo apresentaram maiores teores de sais devido à presença da cunha salina, que apresenta maior densidade que a água doce, se distribuindo assim, abaixo de águas superficiais de menores salinidades e densidades.

Figura 3 – Variação da salinidade nas amostras de águas de superfície (A) e profundidade (B) coletadas na III Expedição Científica do Baixo Rio São Francisco.





Segundo a classificação da FAO (Tabela 2), as águas profundas na região de Brejo Grande e Piaçabuçu estariam impróprias para uso em irrigação de culturas em geral durante a ocorrência de maré alta, em decorrência da ocorrência de concentrações acima do recomendado para  $CE$ ,  $SDT$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{++}$  e  $Cl^-$ . Considerando as concentrações médias e máximas elevadas de sódio e cloreto, as águas na região de Brejo Grande e Piaçabuçu são, portanto, também restritas a utilização do ponto de vista de potabilidade, reguladas pela Portaria do Ministério da Saúde.

Os maiores valores de concentração das variáveis relacionadas à salinidade, foram registradas nas amostras em profundidade em Brejo Grande, os valores máximos que atingiram, por exemplo, salinidade de 24,11‰, muito acima do limite de 0,5‰ para água doce (Tabela 2); ainda considerando a restrição ao uso da água em atividades agrícolas (Tabela 2), valores máximos de:  $CE$  de  $38,0 \text{ dS.m}^{-1}$  (limite de  $3,0 \text{ dS.m}^{-1}$ ),  $SDT$  de  $24760,0 \text{ mg/L}$  (limite de  $2000,0 \text{ mg/L}$ ), concentrações de  $Na^+$  ( $812,0 \text{ mg/L}$  próximo do limite de  $900 \text{ mg/L}$ ),  $Mg^{++}$  ( $108,52 \text{ mg/L} \gg 60 \text{ mg/L}$ ) e  $Cl^-$  ( $1346,91 \text{ mg/L} \gg 1000 \text{ mg/L}$ ). Em relação às restrições ao uso para abastecimento humano (Tabela 2): valores máximos de  $Na^+$  ( $812,0 \text{ mg/L} \gg$  limite de  $200 \text{ mg/L}$ ) e  $Cl^-$  ( $1346,91 \text{ mg/L} \gg 250 \text{ mg/L}$ ), esses valores acima do limite ressaltam o alto grau de influência da cunha salina na região, principalmente nas águas em profundidade.

## CONCLUSÕES

Com a variação da vazão das águas na região do baixo São Francisco, a qualidade das águas também é afetada. Com isso se observou que as águas do São Francisco, principalmente em profundidade, nos municípios de Piaçabuçu-AL e Brejo Grande-SE, já se encontram em processo de salinização, essa mudança de água doce para água salobra, provoca mudanças também na biodiversidade e, conseqüentemente, interfere nas atividades sócio-econômicas dos ribeirinhos.

Faz-se de extrema relevância o estabelecimento de uma rede de monitoramento da qualidade das águas, relativa aos teores de sais, associada à variação horária das marés na região do Baixo rio São Francisco, de forma a um melhor entendimento das relações entre as vazões do rio, regidas pelas liberações dos reservatórios e o alcance da cunha salina a longo de seu curso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSOI, L.J., GUAZELLI, M.R. Controle Ambiental da Água. In: Philippi Jr., A., Romério, M.A., Bruna, G.C. Curso de Gestão Ambiental. Universidade de São Paulo. 2004, pp.53-99.
- CHESF. Redução temporária da vazão mínima do Rio São Francisco para 550 m<sup>3</sup>/s, a partir da UHE Sobradinho. 45º Relatório Mensal de Acompanhamento. Companhia Hidrelétrica do São Francisco. Dezembro. 2017.
- CUNHA, C.J. Regularização da vazão e sustentabilidade de agroecossistemas no estuário do Rio São Francisco. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual do Ceará. 2015. 231 p.
- DA SILVA, D. F. et al. Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. Qualit@s Revista Eletrônica, v.9, n.3, p. 1-17. 2010.
- GONÇALVES, M.J.S. Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do Rio São Francisco. I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Anais. Juazeiro, Bahia. 2016.
- KEMKER, CHRISTINE. "Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids." Fundamentals of Environmental Measurements. Fondriest Environmental, Inc. 3 março, 2014. Disponível em: <http://www.fondriest.com/environmental->

measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/ Acesso em: 04 fev. 2019.

MEDEIROS, P.R.P., CAVALCANTE, G.H., BRANDINI, N., KNOPPERS, B.A. Inter-annual variability on the water quality in the Lower São Francisco River (NE-Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2016, vol. 28, e5.

Lucas Cruz Fonseca<sup>1</sup>; Rômulo André Santos Silva<sup>2</sup>; Ester Milena dos Santos<sup>2</sup>; Marco Yves Aguiar Vitório Praxedes<sup>3</sup>; Douglas Cruz Santos<sup>4</sup>; Silvânio Silvério Lopes da Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe;*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Sergipe, Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental;*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Alagoas, Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura;*

<sup>4</sup>*Companhia de Saneamento de Sergipe.*

## RESUMO

A determinação da qualidade dos recursos hídricos disponíveis para seus diversos usos é de fundamental, tanto para quem faz uso desses recursos, bem como para uma boa conservação dos mesmos. Visando fortalecer esse diagnóstico e monitorar aspectos sócio-ambientais, foi realizada a III Expedição Científica do Baixo Rio São Francisco possibilitando a coleta de amostras de água superficial e em profundidade, em 27 pontos de amostragem, partindo da cidade de Piranhas-AL até sua foz. Para determinar a qualidade da água para fins de irrigação foi utilizado a Relação de Adsorção de Sódio (RAS) e a Condutividade Elétrica (CE), determinadas em todos os pontos coletados, tanto na superfície quanto em profundidade. Notando que há pouca variação em seus resultados no decorrer de todo baixo São Francisco, todos os pontos sendo classificados como tipo C1S1, com exceção de um ponto de amostragem em sua foz que apresentou os maiores resultados tanto de cátions como de condutividade. Os resultados encontrados demonstram que as águas do São Francisco são de ótima qualidade para uso na irrigação, apresentando uma água pouco salina e com baixo risco a sodificação.

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso que está diretamente ligado à sobrevivência do homem, influenciando em suas condições de saúde, econômicas e sociais. É um recurso indispensável para a agricultura, onde a irrigação é o setor responsável pelo uso de 66,1% da água potável consumida anualmente no país (ANA, 2019).

O rio São Francisco (BSF) é a principal fonte de água para os municípios ribeirinhos, na região do Baixo, onde grande parte dos habitantes utiliza a água para diversos fins como, pesca e recreação, também o uso através da captação para consumo humano e para irrigação, muitas dessas captações feitas através de bombas instaladas nas margens do rio e a água utilizada sem nenhum tratamento prévio.

A Razão de Adsorção de Sódio (RAS) é um importante índice de qualidade da água para irrigação, em relação a presença do íon sódio, e é a melhor característica para avaliar o problema de sódio nos solos, levando em consideração também as concentrações dos íons cálcio e magnésio, expressando a possibilidade da água provocar a sodificação do solo (FAGERIA, 1989).

Das principais propriedades que determinam a qualidade da água para irrigação, a quantidade de sais solúveis é um fator limitante ao desenvolvimento da grande maioria das culturas (BERNARDO, 1987). A influência desses sais pode ser expressa através da RAS. Quem introduziu o conceito de RAS como índice para classificar a irrigação foi RICHARDS em 1954, e ainda continua sendo um importante meio para determinar a qualidade da água usada para irrigação.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar e determinar a qualidade da água da região do BSF para fins de irrigação com o auxílio da RAS e classificar os riscos de seu uso com base na metodologia proposta por Richards, visando disponibilizar informação para que possa ser feito um melhor uso da água utilizada.

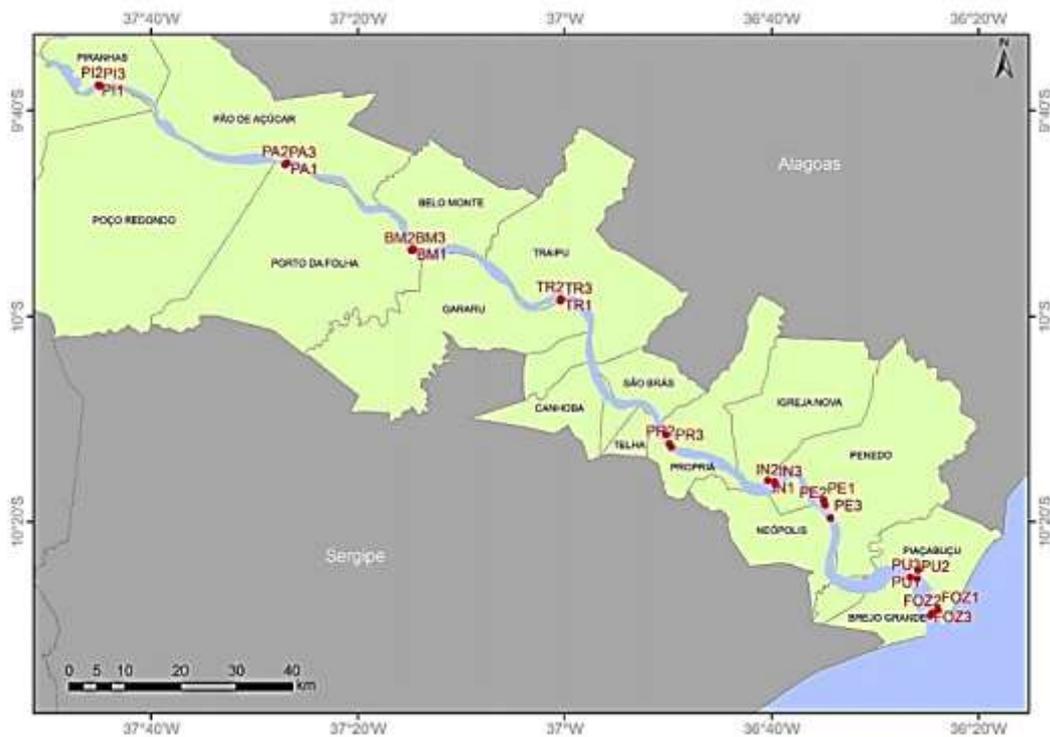
## **METODOLOGIA**

Para a elaboração do estudo, foram coletadas amostras em vinte e sete pontos de amostragem espalhados na região do BSF, entre os estados de Sergipe e Alagoas, abrangendo os municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Belo Monte, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu no estado de Alagoas e os municípios de Propriá, Neópolis e Brejo Grande no estado de Sergipe (Figura 1).

As amostras foram coletadas próximas às duas margens e na região mais central do rio, em cada ponto foi efetuada a coleta superficial e com profundidade, na coluna d'água, com auxílio de garrafa de Van Dorn. A água coletada foi transferida para frascos de polietileno de 500 mL previamente limpos, devidamente identificados, armazenados em caixa térmica contendo gelo e transportada até a embarcação principal, onde foram filtradas em filtros de 0,45 µm e congeladas até o momento de análise (Figura 2).

Para a medida de condutividade elétrica (CE) foi utilizada a sonda multiparâmetro YSI EXO1 (Figura 2), a determinação foi executada *in loco* no momento da amostragem. A determinação dos cátions foi feita em cromatógrafo íons no laboratório da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO).

Figura 1. Localização dos pontos de amostragem.



Fonte: Relatório da II expedição do baixo São Francisco

Figura 2. Imagens representativas das atividades de campo.



Como indicativo de qualidade de água para irrigação as amostras serão classificadas quanto ao Perigo de Salinidade, com base na CE e o Perigo de Sodificação (Alcalinização), com base na Relação de Adsorção de Sódio (RAS), que é obtida através da equação a seguir:

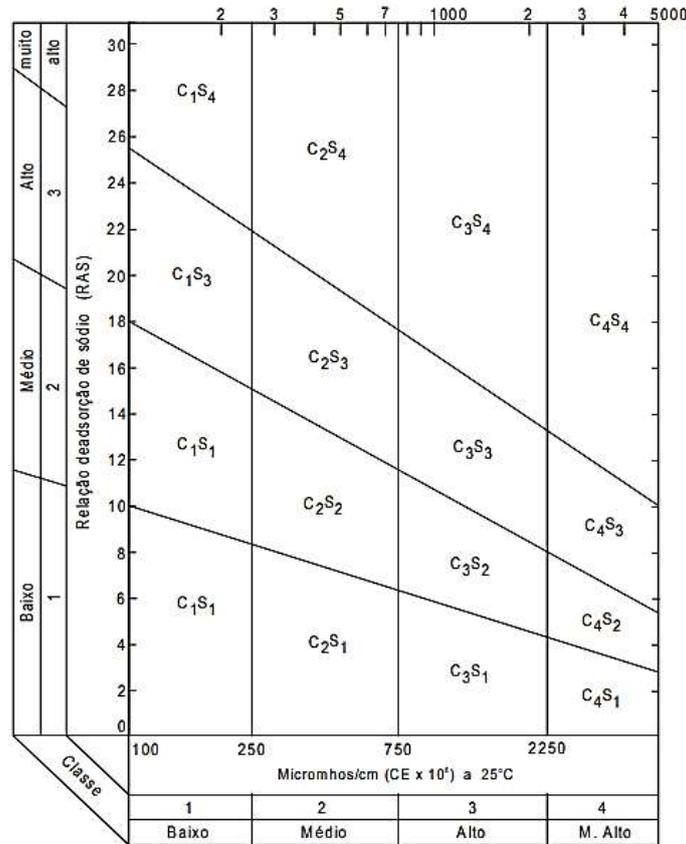
$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{2+} + \frac{Mg^{2+}}{2}}}$$

Onde a concentração dos cátions precisa ser expressa em miliequivalente por litro (meq/L). E através do diagrama apresentado na Figura 3 é possível indicar o melhor uso da água, segundo (RICHARDS, 1954):

- C1 - Água de baixa salinidade (com menos de 250 micromhos/cm de condutividade elétrica): pode ser usada para irrigação na maior parte dos cultivos em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de desenvolver problemas de salinidade;
- C2 - Água de salinidade média, com conteúdo de sais entre 250 e 750 micromhos/cm: pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas, em muitos casos, sem necessidade de práticas especiais de controle da salinidade;
- C3 - Água com alta salinidade, com conteúdo de sais de 700 a 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em solos com drenagem deficiente e mesmo com drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para controle de salinidade e só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais;
- C4 - Água com salinidade muito alta, com mais de 2.250 micromhos/cm: não pode ser usada em condições normais, apenas ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais, tais como em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais.
- S1 - Água com baixo teor de sódio: pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação;
- S2 - Água com teor médio de sódio: estas águas só devem ser usadas em solos de textura arenosa ou em solos orgânicos de boa permeabilidade, uma vez que em solos de textura fina (argilosos) o sódio representa perigo;
- S3 - Água com alto teor de sódio. Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maior parte dos solos, necessitando assim de práticas especiais de manejo tais como: drenagem, fácil lavagem, aplicação de matéria orgânica;

- S4 - Água com teor muito alto de sódio. É geralmente inadequada para irrigação exceto quando a salinidade for baixa ou média ou o uso de gesso ou outro corretivo torne possível o uso dessa água.

Figura 3. Diagrama para classificação de águas para irrigação (RICHARDS, 1954)



Fonte: Embrapa, 2001

## RESULTADOS ESPERADOS

A classificação quanto ao perigo de salinidade e o perigo de sodificação da água foram determinados através da CE e do cálculo da RAS obtidas para cada ponto de amostragem, para a classificação foi utilizado o diagrama apresentado na Figura 3.

Os resultados das RAS e CE obtidas para cada ponto, superficial e fundo, estão apresentados na Tabela 1, onde é possível notar que durante todo o trajeto percorrido no baixo São Francisco não houve uma grande variação na condutividade elétrica e que manteve uma média de 86,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  até os pontos em Piaçabuçu (PU-01, 02 e 03), visto que nos pontos da Foz foram obtidos valores muito altos de condutividade no ponto FOZ-01, o que pode ser justificado pela proximidade com a água salina do mar.

Tabela 1: Resultados de RAS e Condutividade Elétrica (CE) para todos os pontos.

<b>Município</b>	<b>Ponto</b>	<b>RAS Superfície</b>	<b>RAS Fundo</b>	<b>CE Superfície (µS/cm) a 25 °C</b>	<b>CE Fundo (µS/cm) a 25 °C</b>
Piranhas	PI-01	0,25	0,26	86	86
	PI-02	0,42	0,27	86	86
	PI-03	0,28	0,26	86	86,1
Pão de Açúcar	PA-01	0,25	0,25	86,3	86,3
	PA-02	0,43	0,28	86,8	86,8
	PA-03	0,26	0,25	86,9	87
Belo Monte	BM-01	0,75	1,03	86,4	86,4
	BM-02	0,43	0,26	86,3	86,3
	BM-03	0,25	0,23	86,7	86,7
Traipu	TR-01	0,26	0,32	87,1	87,4
	TR-02	0,22	0,41	86,5	86,3
	TR-03	0,41	0,25	86,3	86,3
Propriá	PR-01	0,28	0,28	86,4	86,4
	PR-02	0,4	0,37	86,3	86,3
	PR-03	0,29	0,27	86,1	86,1
Igreja Nova	IN-01	0,27	--	86,1	86,1
	IN-02	0,26	0,47	86,1	86,1
	IN-03	0,28	0,28	86	86,1
Penedo	PE-01	0,3	0,43	89,4	89,2
	PE-02	0,35	0,26	86,4	86,4
	PE-03	2,65	0,25	86,5	86,5
Piaçabuçu	PU-01	0,32	2,99	92,6	92,7
	PU-02	0,27	0,27	87,3	87,4
	PU-03	0,26	0,26	86,9	86,9
Brejo Grande	FOZ-01	2,22	15,7	122,8	38058,6
	FOZ-02	7,81	0,57	114,3	114,8
	FOZ-03	0,37	0,44	94	96,4

Para os cálculos da RAS foram utilizados os valores de Cálcio, Magnésio e Sódio obtidos por cromatografia iônica. Os resultados de cálcio foram os que apresentaram uma menor variação com média de 12,31 mg/L, e mediana de 12,01 mg/L, já os resultados de sódio foram os que apresentaram uma maior variação, tendo como valor médio de 27,42 mg/L, porém uma mediana de 4,08 mg/L, isso é devido ao ponto em profundidade em FOZ-

01 que apresentou concentração de 812,13 mg/L, sendo o maior valor dentre todas as amostras. Vale ressaltar que os resultados obtidos foram para uma vazão média de 2300 m<sup>3</sup>.

Para os resultados obtidos, utilizando a metodologia de Richards é possível classificar todos os pontos, com exceção do FOZ-01 fundo, como sendo tipo C1S1, o que indica uma água de baixa salinidade e baixo teor de sódio, o ponto FOZ-01 fundo é classificado como tipo C4S4 indicando uma salinidade muito alta, bem como um teor de sódio muito alto.

## **CONCLUSÃO**

A partir dos resultados obtidos foi possível notar que tanto a RAS quanto a CE não apresentaram grandes variações, com exceção do ponto 01 da Foz, o que de certa forma é esperado devido à proximidade com o mar. Todas as amostras de Piranhas a Piaçabuçu bem como os pontos 02 e 03 da Foz apresentaram classificação Tipo C1S1, o que indica que a água do São Francisco pode ser utilizada sem risco de salinização ou sodificação do solo, podendo ser aplicada a quase qualquer solo e a praticamente qualquer cultura.

Sabendo a importância da irrigação e necessidade de uma boa fonte de água para a agricultura, o monitoramento dos recursos hídricos disponíveis para tal uso é de extrema importância, fazendo uso de índices como a RAS.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 4. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1987. p. 488

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Ministério do desenvolvimento Regional. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Informe Anual, Brasília, 2019. Disponível em <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>> Acesso em 20/01/2021.

CORDEIRO, G. G. Qualidade de Água para Fins de Irrigação (Conceitos básicos e práticos). Embrapa Semi-Árido. Petrolina, 2001.

CRUZ, M. A. S.; SILVA, C. A.; COSTA, S. S. L.; GARCIA, C. A. B.; VIANA, R. D.; FILHO, P. A. C.; PRAXEDES, M. Y. A. V.; A Salinidade da Água no Baixo Rio São Francisco. *In*: Relatório da II expedição do baixo São Francisco. 2020. P. 339.

FAGERIA, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: EMPRAPA-DPU. 1989 .

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory. (USDA: Agriculture Handbook, 60). 1954.

João Inácio Soletti<sup>1</sup>, Sandra Helena Vieira de Carvalho<sup>1</sup>,  
Mozart Bispo Dalto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professores, (LASSOP) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas

<sup>2</sup>Bolsista Pós-Doctor, (LASSOP) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas

## RESUMO

O descarte de óleo proveniente de combustíveis fósseis de forma inadequada pode provocar inúmeros problemas ambientais, muito deles irreversíveis. O monitoramento do teor de óleos e graxas (TOG) em águas é de grande importância, principalmente em função do seu uso, identificando e quantificando possíveis poluentes derivados, ou não, do petróleo. Amostras de águas foram coletadas de diferentes pontos do Rio São Francisco, sendo analisadas a fim de determinar as concentrações de óleos e graxas presentes na água. A técnica aplicada foi a de espectrometria na região de infravermelho, utilizando o equipamento HORIBA OCMA-350. Em alguns pontos de coleta foi detectada uma concentração de aproximadamente 40 mg/L de TOG.

## INTRODUÇÃO

Qualquer atividade que cause impactos ao meio ambiente seja por poluição das águas, do solo, do ar, deve ser incluída no monitoramento ambiental. Desta forma, pode-se prevenir e controlar a poluição, os acidentes e emergências ambientais, promovendo a manutenção da qualidade dos recursos naturais.

A presença de óleos e graxas causa impactos muito graves nos ecossistemas aquáticos. O plâncton, base da cadeia alimentar dos organismos marinhos, são os primeiros a serem contaminados e contaminam o restante dos animais que deles se alimentam. No caso do petróleo, no derramamento em grandes extensões, os fitoplânctons e as algas, responsáveis pela produtividade de alimento na cadeia alimentar aquática, não sobrevivem, devido ao bloqueio da entrada de luz pela camada de óleo que flutua na superfície. Outro problema é a impregnação do óleo nos animais, impedindo a respiração em peixes, o voo em aves e o controle de temperatura em mamíferos.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2016), águas oleosas consistem em uma mistura complexa de água, óleo lubrificante, graxas,

produtos de limpeza, além de outros fluidos e resíduos que possam estar presentes nas áreas de drenagem contaminadas, e sejam resultantes das atividades de manutenção e limpeza de equipamentos.

O Teor de Óleos e Graxas (TOG) constitui um dos parâmetros ambientais de grande relevância para localidades onde exista a presença de ambientes sujeitos ao derramamento ou descarte de óleo, em ambientes aquáticos. Cidades ribeirinhas, com a presença de embarcações, são suscetíveis a acidentes que provocam o derramamento de óleo quer seja pelo vazamento em motores, manutenção ou acidentes, bem como, no descarte em efluentes domésticos.

Existem várias legislações aplicáveis à problemática do lançamento de efluentes oleosos ao meio ambiente. Alguns artigos de leis e resoluções associados ao tema são apresentados a seguir:

- MARPOL 73/78, Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, adotada em 1973 e posteriormente emendada pelo Protocolo de 1978. Tem por propósito o estabelecimento de regras para a completa eliminação intencional do descarte de óleo e outras substâncias danosas oriundas de navios, bem como a minimização da descarga acidental daquelas substâncias no ar e no meio ambiente.

- Lei N°9478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, e institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo, além de outras providências. Destaca-se, nesta lei, o seu artigo primeiro, inciso quarto, que trata da proteção ao meio ambiente e promoção da conservação da energia.

- Lei N°9966 de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas, sob jurisdição nacional e dá outras providências.

Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N°357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Considera que a saúde e o bem-estar humano, bem como, o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011

- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N°430, de 13 de maio de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005.

- Portaria N°422, de 26 de outubro de 2011 do Ministério do Meio Ambiente. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de atividades e empreendimentos de exploração e produção de petróleo e gás natural no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar.

Apesar dos gravíssimos danos causados pelo derramamento de óleos em ambientes aquáticos, ainda são poucos os estudos publicados que ressaltam o impacto do lançamento de óleos e graxas em rios e oceanos. De uma forma geral, isto se deve à falta de monitoramento deste parâmetro, bem como, a dificuldade de acesso aos dados monitorados. Além disso, é difícil mensurar os potenciais impactos, visto que muitos dos seus efeitos são sinérgicos, e os poluentes podem sofrer bioacumulação ao longo da cadeia trófica, ao longo do tempo.

Neste trabalho foi identificada a necessidade de um maior rigor no monitoramento das águas do Rio São Francisco, de forma que seja possível prever potenciais danos relacionados à presença de óleo. O monitoramento deve ser mais efetivo principalmente em regiões com maior concentração de embarcações, como Penedo, Piaçabuçu e Piranhas, dentre outras cidades ribeirinhas. Este estudo teve início na III expedição do Rio São Francisco, e recomenda-se a ampliação dos estudos, com divulgação dos dados obtidos, de forma a se obter uma base de dados coesa, para análise dos impactos atuais e futuros.

## **METODOLOGIA**

Algumas análises foram realizadas durante a expedição, sendo parte delas realizadas no Laboratório de Sistema de Separação e Otimização de Processos (LASSOP) situado no Centro de Tecnologia (CTEC), da Universidade Federal de Alagoas.

Para quantificar a concentração de óleos e graxas nas águas, descritos por órgãos ambientais como Total Oil and Grease (TOG), foi utilizado o analisador de óleo Horiba® modelo OCMA-350. As medições são baseadas na absorção no infravermelho na faixa de 3,4 - 3,6  $\mu\text{m}$ . Para a extração de TOG da amostra de PW, o solvente politrícloro-fluoroetileno (S-316, Horiba®) foi usado em uma proporção de 1:1 segundo solvente para amostra, de acordo com o manual de instruções HORIBA OCMA-350.

### ***Coleta das amostras***

As amostras de águas foram coletadas durante a “Expedição Rio São Francisco”, onde sendo identificadas de acordo com o local de origem.

#### ***Uso do equipamento para determinação de TOG: HORIBA OCMA-350***

Inicialmente foi realizada a calibração do equipamento segundo as instruções indicadas no manual, utilizando a referência padrão do equipamento (*B-heavy Oil*). Foram adicionados 5,6 µL do *B-heavy Oil* em um balão volumétrico de 25 mL, e avolumado com o solvente poli-triclorofluoroetileno (S-316, Horiba®). O equipamento foi calibrado com a solução padrão com concentração de 200 mg/L.

A extração de fase orgânica da água ocorre pelo uso de solvente apropriado, no caso o poli-triclorofluoroetileno, nome comercial S-316, que consegue extrair hidrocarbonetos (óleos e graxas) da água ou do solo. Os hidrocarbonetos absorvem energia infravermelha a um comprimento de onda específico, e a quantidade de energia absorvida é proporcional à concentração de óleo/graxa no solvente (BATIRA, 2014). Para a extração, utiliza-se a proporção de 1:1, ou seja, 5 ml da amostra de água acidificada (pH 2) e 5 ml do solvente. A solução é agitada, decantada, sendo retirada uma alíquota da fase sobrenadante, para análise do teor de óleos e graxas por espectrometria no equipamento HORIBA OCMA-350 (Figura 1).

Figura 1 - Análise de TOG durante a III Expedição do Rio São Francisco.



Fonte: Autor (2020)

## **RESULTADOS**

Durante a expedição do Rio São Francisco foi visualmente observada a presença de óleo nas regiões ribeirinhas em algumas cidades visitadas pela expedição. Destaca-se, a presença de óleo na região de Piaçabuçu (Figuras 2). Episódio semelhante também foi observado em Penedo. Provavelmente a presença deste óleo é decorrente do vazamento de combustível de embarcações pesqueiras que ficam atracadas no Rio, bem como, do despejo de efluentes que são lançados diretamente no Rio, inclusive pelas embarcações, sem tratamento prévio.

Em Penedo foi observada a prática da lavagem de carros (Figura 3), de animais e lavagem de roupa, dentre outras atividades.

Figura 2 – Manchas de óleo no Rio São Francisco, em Piaçabuçu.



Fonte: Autor (2020)

Figura 3 – Lavagem de automóveis nas margens do Rio São Francisco, em Penedo



Fonte: Autor (2020)

Os resultados das análises de teor de óleo e graxas (TOG), realizadas a bordo da expedição (em diferentes locais e horários) foram realizadas em amostras coletadas em locais de banhistas e uso da água para recreação, incluindo banho (Tabela 1).

Tabela 1 - Teor de óleo e graxas em diferentes localidades

<b>Data</b>	<b>Local</b>	<b>Horário (h)</b>	<b>TOG (mg/L)</b>
06/12/20	Barcas /Penedo	14:00	< 0,1
09/12/20	Foz do Rio	12:00	< 0,1
09/12/20	Penedo após captação de água da cidade	12:00	< 0,1
09/12/20	Penedo antes captação de água da cidade	12:00	< 0,1
07/12/20	Piaçabuçu saída esgoto	15:00	0,3±0,1
07/12/20	Piaçabuçu banho	15:30	0,6±0,1
07/12/20	Piaçabuçu parada barco	14:00	0,7±0,1

Fonte: Autor (2020)

É importante salientar que a depender da vazão do rio, da estagnação da água, da proximidade de efluentes, dentre outros parâmetros, a amostra pode apresentar um maior ou menor teor de óleo. As análises foram realizadas em duplicata, durante a expedição, logo após coleta.

Não foi observada a presença de óleo no período de coleta das amostras em Penedo e na Foz do Rio São Francisco. Em Piaçabuçu, as análises indicaram um quantitativo representativo. Segundo o CONAMA 430, o teor de óleos e graxas em água doce deve ser virtualmente ausente. Em Penedo, devido à dispersão do óleo no rio e a ausência visual de óleo no momento da coleta, não foi possível detectar o óleo via análise.

De um modo geral, as águas da região ribeirinha das cidades, tem sido utilizada como Classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357, a saber:

*III - classe 2: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aqüicultura e à atividade de pesca.*

O uso pela população da região ribeirinha na área central das cidades, observada durante a II Expedição, corresponde a Classe 2 da água, requer uma qualidade de forma a permitir a recreação e outras atividades. No Capítulo III do CONAMA 357, referente às condições e padrões de qualidade das águas, dentre os parâmetros estudados, o pH da água deve estar entre 6 a 9.

Os resultados de pH e do teor de óleo e graxas (TOG) das amostras coletadas durante a III Expedição do Rio São Francisco, período 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020, em diferentes locais e horários, onde a primeira coluna apresenta as cidades onde as coletas foram coletadas as margens do Rio São Francisco; a segunda e terceira colunas apresentam, respectivamente, o pH da amostra coletada e após acidificação, conforme procedimento de análise; e, a última, o teor do TOG (Tabela 2).

As amostras foram coletadas a jusante das cidades, sentido a foz. Assim sendo, tais amostras apresentam contaminação de efluentes domésticos, e/ou águas pluviais provenientes das cidades. Em alguns casos, as amostras foram coletadas em área mais próxima a saída de dejetos daqueles coletados nas cidades mencionadas (Tabela 1).

Tabela 2 – Análise do Teor de Óleos e Graxas (TOG) em diferentes localidades do Baixo São Francisco

Amostras	pH	TOG (mg/L)
Pão de Açúcar	8,91	10,2 ± 0,3
Penedo	7,35	13,9 ± 2,1
iranhas	7,62	6,2 ± 0,3
Piaçabuçu	8,71	19,8 ± 1,8
Porto Real do Colégio	9,13	30,5 ± 2,3
Igreja Nova	9,18	26,5 ± 3,3
Traipu	9,14	26,2 ± 1,2
Brejo Grande	8,11	7,7 ± 1,0
Foz do São Francisco	7,34	10,6 ± 0,7

Fonte: Autor (2020)

Foram observados níveis variáveis de contaminação nas amostras (Tabela 2). Em geral, as análises de TOG apresentaram elevados valores, chegando a 30 mg/L. Todas as análises foram realizadas em duplicata. A amostra coletada em Porto Real do Colégio foi a que apresentou maior concentração do teor de óleos e graxas. Na escala de contaminação esta amostra foi seguida pelas coletadas em Igreja Nova e Traipu. O mesmo ocorreu para estas amostras, relativo a análise de pH. Além disso, a amostra coletada em Pão de Açúcar, também apresentou pH elevado, embora dentro da faixa de condições de lançamento de efluente e uso até Classe 3 do CONAMA 357. Na realidade, não se trata de descarte de efluente e sim qualidade da água ribeirinha, em área metropolitana. Para estas cidades, no momento da coleta da amostra, a qualidade da água estava em desacordo com o teor máximo de teor de óleos e graxas (TOG) e pH para descarte em corpo receptor, o que é mais agravante.

Segundo o Artigo 16 da Resolução CONAMA N° 430 DE 13/05/2011 publicado no Diário Oficial de União (DOU) em 16 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA:

*Art. 16. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:*

*I - condições de lançamento de efluentes:*

*a) pH entre 5 a 9;*

*e) óleos e graxas:*

*1. óleos minerais: até 20 mg/L;*

*2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;*

Além disso, caso o TOG presente seja proveniente de resíduo de óleo combustível dos barcos, que também deve ser considerado, pode causar vários problemas ambientais e de saúde humana, uma vez que o óleo combustível é uma mistura complexa que contém uma variedade de espécies de toxicidade comprovada, incluindo compostos orgânicos voláteis (VOCs), PAH, sulfeto de hidrogênio e metais potencialmente tóxicos, podendo ser de várias origens (barcos, restaurantes, turismo e cidades).

A gravidade da exposição ocorre por ingestão, absorção pela pele intacta e inalação. Os riscos toxicológicos envolvidos são graves, agudos e crônicos, com atenção especial às frações tóxicas do óleo que podem levar à morte por envenenamento, principalmente quando associadas a compostos aromáticos. Tais concentrações devem ser consideradas, pois sabemos que as amostras não são água de campos de produção de petróleo ou próximo de indústrias.

## **CONCLUSÃO**

O resultado das análises do teor de óleo e graxas nas águas do baixo São Francisco, durante a III Expedição, indicaram, na região ribeirinha utilizada para banho e recreação, a presença de óleo em pequenas quantidades, porém relevantes, em algumas cidades. Em Piaçabuçu e em Penedo foi detectada a presença visual do óleo. Em alguns pontos de Piaçabuçu, a análise detectou presença de teor de óleos e graxas, mesmo não havendo uma presença visual do óleo. Segundo o CONAMA 357, o teor de óleos e graxas em água doce deve ser virtualmente ausente.

O uso pela população da região ribeirinha na região central da cidade, observada durante a II Expedição, corresponde a Classe 2 da água, e segundo o CONAMA 357, referente às condições e padrões de qualidade das águas. Além do teor de óleos e graxas, dentre os parâmetros estudados, o pH da água deve estar entre 6 a 9.

Foram também coletadas amostras a jusante das cidades, onde há maior probabilidade de contaminantes dos dejetos, provenientes de efluentes domésticos e resíduos carreados por águas pluviais. Neste caso, as amostras apresentaram expressiva contaminação na faixa de 6 a 30 mg/L relativo ao teor de óleos e graxas (TOG),

apresentando, em alguns casos, pH acima de 9, ou seja, em desacordo até mesmo com as condições de lançamento de efluentes.

É importante salientar a necessidade de uma periodicidade das análises, em pontos críticos das cidades ribeirinhas, a serem identificados. Isto se deve a grande variação do teor de óleos e graxas, em função de descarte de efluentes, vazão do rio, águas pluviais, despejos, dentre outros fatores que levam a diluição ou acúmulo do óleo e outros contaminantes.

Como sugestão, manter uma continuidade das análises de água, como também que sejam analisadas as areias de regiões próximas às cidades ribeirinhas, a fim de se verificar a contaminação do solo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BATIRA, F. Estudo do tratamento de água de produção de petróleo utilizando unidade de separação por biosorção. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Alagoas. Maceió, p. 74. 2014

EPA, United States Environmental Protection Agency. Oily Bilgewater Separators. Washington, U.S: EPA Office Of Wastewater Management, 2011. 98 p. (EPA 800-R-11-007). Disponível em: Acesso em: 07 dez. 2020.

Klemz, A.C., Damas, M.S.P., Weschenfelder, S.E., González, S.Y.G., Pereira, L.S., Costa, B.R.S., Orlando Junior, A.E., Mazur, L.P., Marinho, B.A., Oliveira, D., Silva, A., Valle, J.A.B., Souza, A.A.U., Souza, S.M.A.G.U. 2020. Treatment of real oilfield produced water by liquid-liquid extraction and efficient phase separation in a mixer-settler based on phase inversion, *Chemical Engineering Journal*, 127926, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127926>.

Resolução CONAMA N° 274/2000 - "Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras" - Data da legislação: 29/11/2000 - Publicação DOU n° 018, de 08/01/2001, págs. 70-71.

Resolução CONAMA N° 393/2007 - "Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências" - Data da legislação: 08/08/2007 - Publicação DOU n° 153, de 09/08/2007, pág. 72-73.

Resolução CONAMA N° 357/2005- "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências" - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

Carlos Eduardo de Carvalho<sup>1</sup>; Aristides Pavani Filho<sup>2</sup>; Gilberto Schwertner<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Doutorando Universidade Federal do Ceará – UFC. Campus do Pici, Fortaleza/CE*

<sup>2</sup> *Doutorando Universidade Federal da Bahia – UFBA. iGEo, Salvador/BA*

<sup>3</sup> *Docente/Pesquisador Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Campus Camocim, Camocim/CE*

## RESUMO

Sistemas sonar de varredura lateral (*side scan*) são equipamentos utilizados por mais de 60 anos para captar informações da morfologia de fundo de rios, lagos e oceanos. O desenvolvimento de pesquisas na bacia hidrográfica do rio São Francisco sobre as relações da dinâmica eco-hidrológica, da avaliação ambiental integrada e das condicionantes socioambientais contribuirão significativamente para a construção de cenários e de alternativas à tomada de decisão, para tanto se faz necessário a concepção de modelos ambientais robustos e acoplados ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) da Expedição Científica do Rio São Francisco. Na III edição da expedição, conforme os resultados dos testes executados na II edição da expedição, foi utilizado o sensor Starfish 450®, que tem a possibilidade de cobrir uma profundidade maior que 100 metros a partir da frequência de 450 KHz. O sistema *side scan* foi instalado em embarcações de apoio às embarcações principais da expedição. Para o pós-processamento das informações, os arquivos de *Log* do sistema foram convertidos em .XTF, e desenvolvidos mapeamentos por meio de rotinas computacionais na linguagem Python3 e R 3.6. A partir da junção da camada de informações batimétricas krigada com a camada de modelo digital de elevação (MDE) obteve-se perfis tridimensionais de trechos de rio.

**Palavras-chave:** *Side scan*, batimetria, mapas 3D, USV - *Unmanned Surface Vehicles*.

## INTRODUÇÃO

Sistemas sonar de varredura lateral (*side scan*) são equipamentos utilizados por mais de 60 anos para captar informações da morfologia de fundo de ambientes marinhos e fluviais (CHESTERMAN et al., 1958, UCHIMOTO et al., 2020). Aplicações comuns incluem monitoramento da biodiversidade de produtores (GREENE et al., 2018), mapeamento do

habitat (LUCAS et al., 2020), mapeamento geológico em profundidade (KHABUEV et al., 2020) e aplicações em pesca e prospecção de recursos (LUCCHETTI, 2018).

*Side scan* emite feixes de energia acústica ao fundo do mar, lago ou rio. É normalmente formado por: (1) uma unidade que capta e armazena dados do sonar, (2) sistema de cabos para transmissão das informações, (3) transdutor na subsuperfície capaz de emitir e receber energia acústica (BUSCOMBE, 2017). O *side scan* é uma alternativa de excelente custo benefício para gerar mapas de varredura de fundo em ambientes marinhos e límnicos com baixa profundidade (GREENE et al., 2018; BENNET *et. al.*, 2019).

Em estudos preliminares ocorridos durante a I e a II Expedição Científica do Rio São Francisco, Schwertner et al. (2020a e 2020b) analisaram com *side scan* as principais topologias de fundo obtidas durante o trajeto de navegação da embarcação principal da expedição. A partir destas informações, inferiu-se sobre padrões que evidenciam características geomorfológicas, presença de cardumes, formação de bancos de macrófita e resíduos antrópicos (SCHWERTNER et al., 2020b), demonstrando a viabilidade da utilização de *side scan* para aumentar as possibilidades de agregar informações aos modelos ambientais. O foco na III Expedição Científica do Rio São Francisco foi a aquisição via *side scan* de informações topológicas de fundo do rio para quantificação de um perfil batimétrico do baixo rio São Francisco, desde o porto de Piranhas - AL até a foz do rio.

O rio São Francisco é um dos mais importantes cursos de água da América do Sul e o 25º maior rio do planeta (TAN & SHENG, 2003), seu curso naturalmente perene atravessa uma das regiões semiáridas com um dos menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) do mundo (VIEIRA *et al.*, 2015). Na região do Baixo Rio São Francisco sua profundidade média é de 4 m, com no máximo 22 m no canal principal. O curso inferior do rio é marcado pela presença de ilhas, e a largura do canal varia entre 0,6 km e 2 km (PAIVA et al., 2020). A pesca na região do baixo Rio São Francisco é uma das mais importantes do Brasil, pois é a fonte de renda para muitas famílias (SOARES *et al.*, 2019 e 2020), no entanto, impactos no uso da terra decorrentes da agricultura e transposição do rio ameaçam a qualidade e quantidade de água para as atividades humanas e a biodiversidade (TEIXEIRA *et al.*, 2020). O desenvolvimento de pesquisas na bacia hidrográfica do rio São Francisco sobre as relações da dinâmica eco-hidrológica, da avaliação ambiental integrada e das condicionantes socioambientais contribuirão significativamente para a construção de cenários e de alternativas à tomada de decisão, para tanto se faz necessário a concepção de modelos ambientais robustos e acoplados ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) da Expedição Científica do Rio São Francisco.

A utilização de informações obtidas via *side scan*, tanto como base para construção de modelos ambientais mais realísticos para a criação de densa malha de informações georreferenciadas, quanto na prospecção e validação aspectos e características ambientais relevantes, serão fundamentais para a espacialização multidimensional dos resultados das expedições.

## METODOLOGIA

Na III edição da expedição, conforme os resultados dos testes executados na II edição da expedição (Schwertner et al., 2020a e 2020b), foi utilizado o sensor Starfish 450®, que tem a possibilidade de cobrir uma profundidade maior que 100 metros a partir da frequência de 450 KHz (STARFISH, 2010). A visualização, a avaliação e o tratamento preliminar de dados foi realizada em tempo real utilizando-se o *software* StarFish Scanline® ([tritech.co.uk/support-software/starfish-seabed-imaging-systems-scanline](http://tritech.co.uk/support-software/starfish-seabed-imaging-systems-scanline) - Figura 1). Posteriormente as saídas log do *software* StarFish Scanline® foram convertidas em *eXtended Triton Format* (XTF), e todas as noites durante a expedição, foram realizadas cópias de segurança dos arquivos adquiridos de dia, em HDs Externos e em nuvem no seguinte endereço eletrônico:

[https://drive.google.com/drive/folders/1k\\_cBl60PtSty7mYfNqli\\_gA4ZqGnKh5z?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1k_cBl60PtSty7mYfNqli_gA4ZqGnKh5z?usp=sharing).

Figura 1 - Sistema *side scan* Starfish 450®.

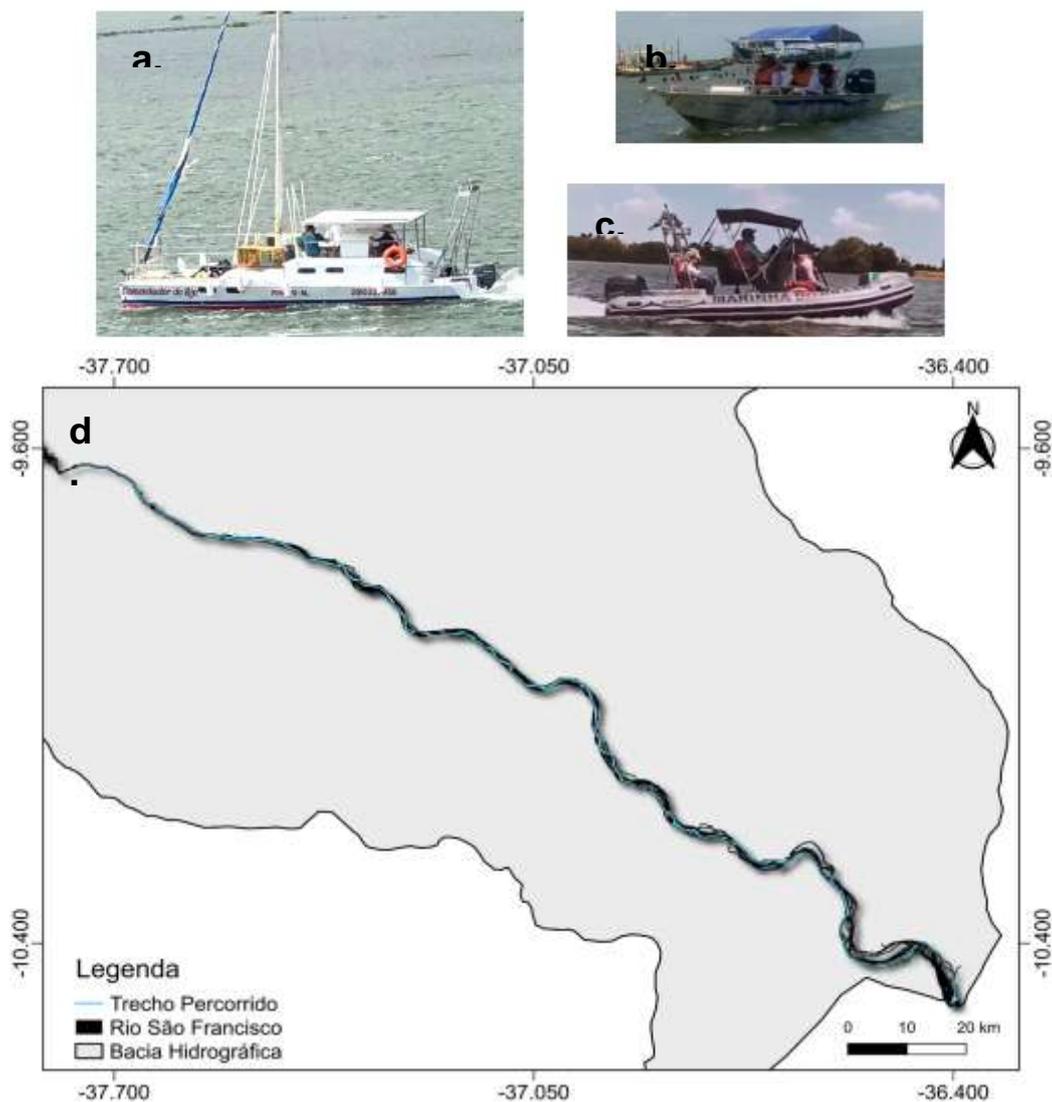


Alguns arquivos de trechos da navegação que denotam interesse foram analisados previamente pela equipe de pesquisa no barco de apoio com o *software* DeepView FV ([deepvision.se/products/sonar-software](http://deepvision.se/products/sonar-software)), que possibilitou visualização das informações com mais resolução do que com o *software* StarFish Scanline®.

O sistema *side scan* foi instalado em embarcações de apoio às embarcações principais da expedição. Durante os deslocamentos de Piranhas à Propriá foi utilizada a embarcação

catamarã “Comendador do Rio” (Figura 2a), cedida para integrar à Expedição pelo representante do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Sr Antônio Jackson. Em Propriá, trocou-se de embarcação, pois não foi possível passar pela ponte de Propriá devido ao mastro de vela do catamarã e ao rio estar mais cheio. De Propriá até Penedo utilizou-se a lancha da CODEVASF (Figura 2b). De Penedo até a região estuarina, contou-se com apoio de lancha da Marinha do Brasil (Figura 2c). Captaram-se informações via *side scan* no sentido da navegação das embarcações de Piranhas à Foz do Rio São Francisco.

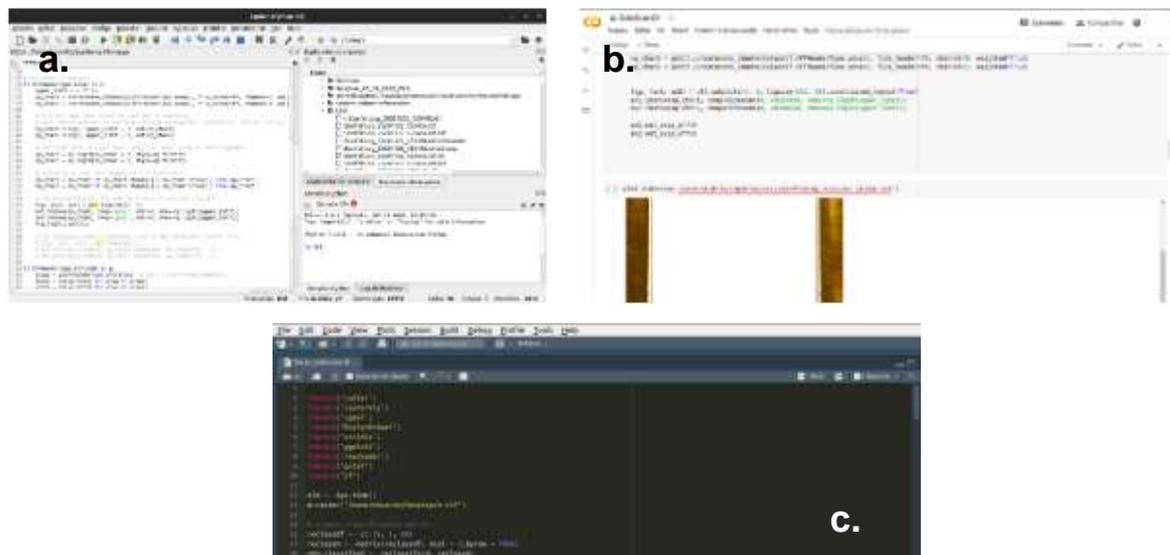
Figura 2 - Percurso e Embarcações de apoio.



Para o pós-processamento das informações dos arquivos .XTF, foram desenvolvidas rotinas computacionais na linguagem Python 3 e R, utilizando-se as

bibliotecas complementares. O desenvolvimento das rotinas computacionais foi no IDE Spyder (Figura 03a - [spyder-ide.org](http://spyder-ide.org)), R (Figura 03c - [rstudio](http://rstudio.com)) e, em nuvem, com acesso ao grande potencial de processamento do GPU da Google, no notebook Collaboratory ou "Colab" (Figura 3b - [colab.research.google.com](http://colab.research.google.com)).

Figura 3 - Ambientes computacionais de desenvolvimento.

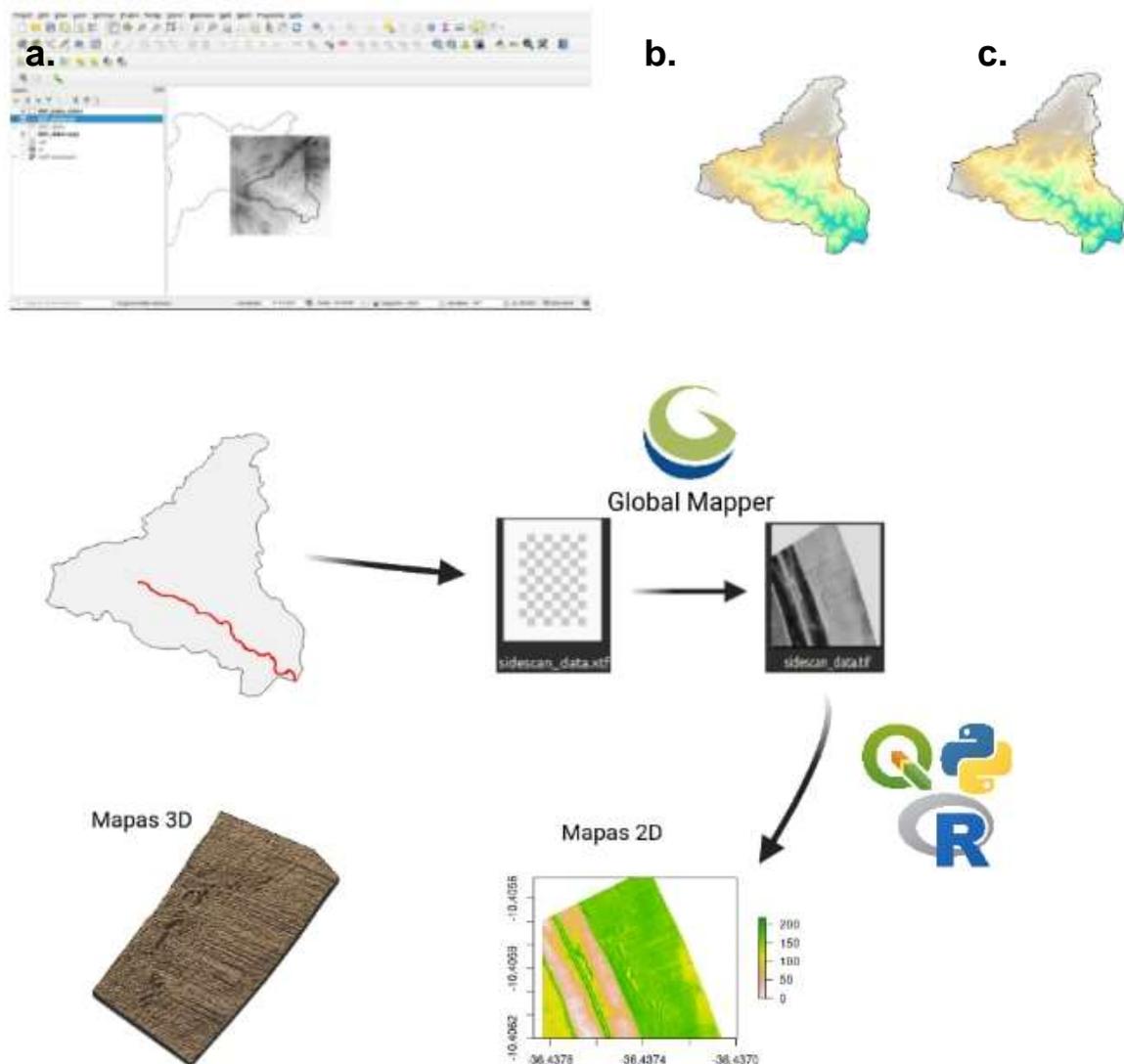


Os mosaicos georreferenciados a partir das informações em .XTF foram criados com as ferramentas *software* Global Mapper posteriormente e acopladas ao SIG no *software* QGIS e R (Figura 4a - [qgis.org](http://qgis.org)). Para a transcrição em camada de compatibilidade com SIG, as informações vetoriais podem ser convertidas em .SHP e .KML a partir dos plugins no QGIS. As informações topológicas de interesse serão convertidas em imagens raster no formato .GeoTIFF, para visualização no QGIS ou no Google Earth ([google.com/earth](http://google.com/earth)). Foi utilizada uma camada de informação de modelo digital e elevação (DEM) da região hidrográfica do baixo rio São Francisco, com base em SRTM/TOPODATA (Figura 4b, 30 m de resolução espacial - [dsr.inpe.br/topodata](http://dsr.inpe.br/topodata)) e ALOS PALSAR (Figura 4c, 12,5 m de resolução espacial [asf.alaska.edu/datasets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction](http://asf.alaska.edu/datasets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction)).

Para complementar a krigagem das informações batimétricas que compõem o modelo preliminar tridimensional da referida região hidrográfica. Para remover o ruído das informações do *side scan* foi executado um filtro de vizinhança suavizando os picos pela média dos oito pixels adjacentes. Para a krigagem, removeu-se a região mais baixa

do raster de elevação, da qual não se tem dados de batimetria. Em seguida, amostrou-se aleatoriamente 50000 pixels do raster de elevação e dos dados georreferenciados do *side scan*. A krigagem ordinária foi realizada em ambiente R utilizando a biblioteca de geoestatística multivariada *gstat* (PEBESMA, 2004). Para facilitar o processamento e calcular o tempo de execução, foi utilizada apenas uma varredura do *side scan* com largura de cerca de 2 km, bem como um recorte do raster com largura igual e comprimento de 7 km. Todos esses procedimentos computacionais foram executados em processador Core i5, memória 8GB, Linux Mint.

Figura 4 - *Software* de SIG QGIS e MDEs.



## RESULTADOS

Entre os dias 01/12/2020 e 09/12/2020 foram obtidos 424 arquivos de log do software *StarFish Scanline*® (.LOGDOC), todos convertidos em arquivo *eXtended*

*Triton Format* (XTF), resultando em mais de 5 GB de dados. Os arquivos originais e os arquivos convertidos estão disponíveis em diretório em nuvem:

[https://drive.google.com/drive/folders/1k\\_cBl60PtSty7mYfNqli\\_gA4ZqGnKh5z?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1k_cBl60PtSty7mYfNqli_gA4ZqGnKh5z?usp=sharing).

- Apoio às atividades de mergulho científico:

Complementarmente, em apoio aos estudos de arqueologia de ambientes aquáticos, em que se aplicaram também atividades de mergulho científico (Figura 5), executou-se transectos captando-se informações de fundo em locais de naufrágios e sítios arqueológicos submersos já mapeados e em locais cujas características alóctones fossem representativas para os estudos arqueológicos ou em locais onde tenha sido observado, via amostragem do *side scan* em tempo real, alguma feição ou anomalia de interesse, e, também, apoio com ROV (veículo remotamente controlado) em locações onde o mergulho apresentasse risco de operação.

Figura 5 - Atividades de mergulho científico.



Com as imagens GeoTIFF a equipe de arqueologia de ambientes aquáticos poderá visualizar as áreas de estudo no SIG em camadas de informações georreferenciadas, podendo utilizar-se dos modelos digitais de elevação e de outras imagens orbitais com as mais diferentes resoluções espaciais aumentando as possibilidades de inferências alóctones aos sítios específicos.

- Apoio às atividades terra-ar:

Desenvolve-se o pós-processamento das informações buscando-se utilizar ferramentas e formatos de arquivos com alta capacidade de integração com SIG da Expedição. Possibilitando ampliar análises ambientais da equipe que desenvolve pesquisas às margens do rio. Por exemplo, a identificação de vegetação submersa pode estar associada a desbarrancamento (Figura 6<sup>a</sup>), e a evidência de remobilização de sedimentos que pode estar associada a processos erosivos marginais (Figura 6b). Com a integração das informações obtidas por meio do *side scan* ao SIG, e, com a sobreposição das informações geográficas poder-se-á ampliar avaliações.

Figura 6 - Screenshot software DeepView FV *side scan*.



- Apoio na espacialização das informações das pesquisas aquáticas:

A demanda para integração das informações obtidas via *side scan* é abrangente no tocante às pesquisas relacionadas à água. Diversas inferências poderão ser desenvolvidas, como por exemplo, a identificação de cardumes ou áreas com maior adensamento de ictiofauna, integrando informações obtidas via sonar *fishfinder* (Figura 7), estas informações batimétricas obtidas ao longo do trajeto de navegação da embarcação principal poderão integrar a grade de krigagem dos modelos batimétricos.

Figura 7 - Screenshot software DeepView FV *side scan*.

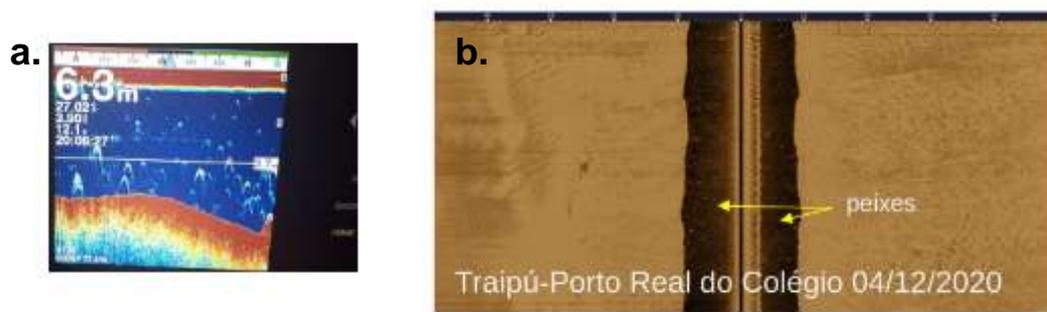
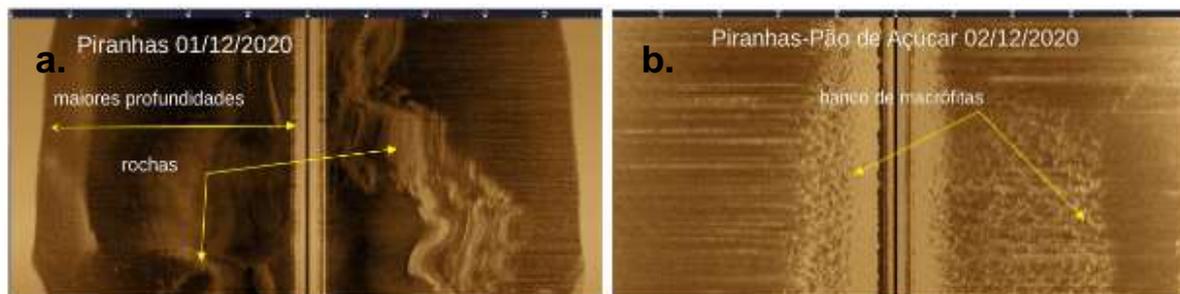


Figura 8 - Screenshot software DeepView FV side scan.



As informações topológicas (Figuras 8a e b) poderão servir de subsídio para uma série de caracterizações ambientais quando associadas a informações de área de vida, correlação à captura de determinadas espécies, pela maior ou menor profundidade, presença de rochas, bancos de areia ou de macrófita, entre tantas inferências possíveis.

- Desenvolvimento de rotinas computacionais:

Para ampliar essas oportunidades de PD&I, estão em desenvolvimento rotinas computacionais específicas para obtenção de informações e identificação de anomalias em tempo real ou pós-processadas com as informações georreferenciadas (Figura 9), além da possibilidade de produção de mosaicos especializados para integrar ao SIG da expedição, como auxiliar a equipe de mergulho da arqueologia de ambientes aquáticos na localização e validação de sítios de pesquisa.

- Modelagem ambiental

Para melhor visualização dos dados de fundo do rio estimou-se a profundidade ao longo do percurso utilizando densidade de kernel (Figura 10). No entanto, buscou-se refinar essa estimativa através de interpolação em um projeto-piloto. O diferencial destes desenvolvimentos com informações de topologia de fundo obtidas por *side scan*, é a possibilidade de composição de modelos multidimensionais a partir da junção da

camada de informações batimétricas krigada com a camada de modelo digital de elevação (MDE), obtendo-se perfis tridimensionais destes trechos de rio (Figura 11). A partir desta superfície de informações espaciais, podem-se relacionar outras camadas de informações, iniciando-se a composição de um banco de informações ambientais passíveis de dinamizar cenários para o auxílio à tomada de decisão. A partir desses desenvolvimentos iniciais, poderão ser paulatinamente inseridas mais informações ao modelo, até se ter dados suficientes para que a interpolação represente significativamente a topologia da região hidrográfica do baixo rio São Francisco.

Figura 9 - Mosaicos e rotinas computacionais em desenvolvimento na linguagem Python.



O tratamento de dados resultante retornou arquivos sem picos ou vales (suavizados), no entanto, outros métodos de filtragem e remoção de ruídos devem ser testados para melhorar a qualidade das imagens *side scan*, como o filtro de vizinhança gaussiano. Esses métodos de processamento de sinais podem ser testados quando a capacidade de processamento for aprimorada. A amostragem aleatória de pontos em todas as imagens *side scan* e MDE resultou em uma Tabela com 10000 pixels (Figura 12). Finalmente, o tempo necessário para processamento e krigagem dos dados para as condições de teste (raster de 2x7 km, com 5000 amostrados) foi de 2,5 horas, dessa forma estima-se que para processar toda a bacia, considerando que a bacia possui um comprimento de 242 km e mantendo largura de 7 km, serão necessários 12 dias de processamento contínuo com as mesmas capacidades computacionais.

Figura 10 - Profundidade Estimada por Densidade de Kernel.

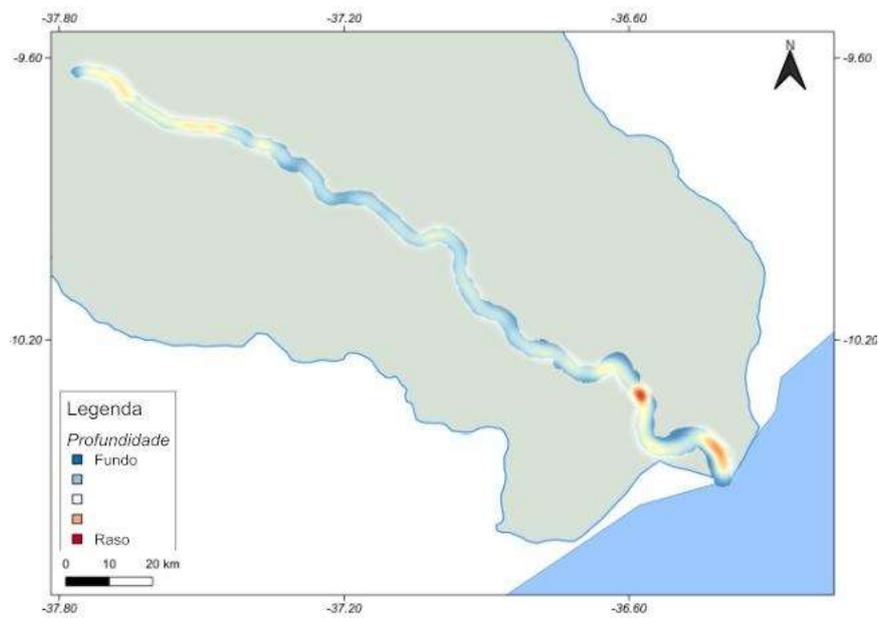


Figura 11 - Modelo 3D trecho profundo do rio.

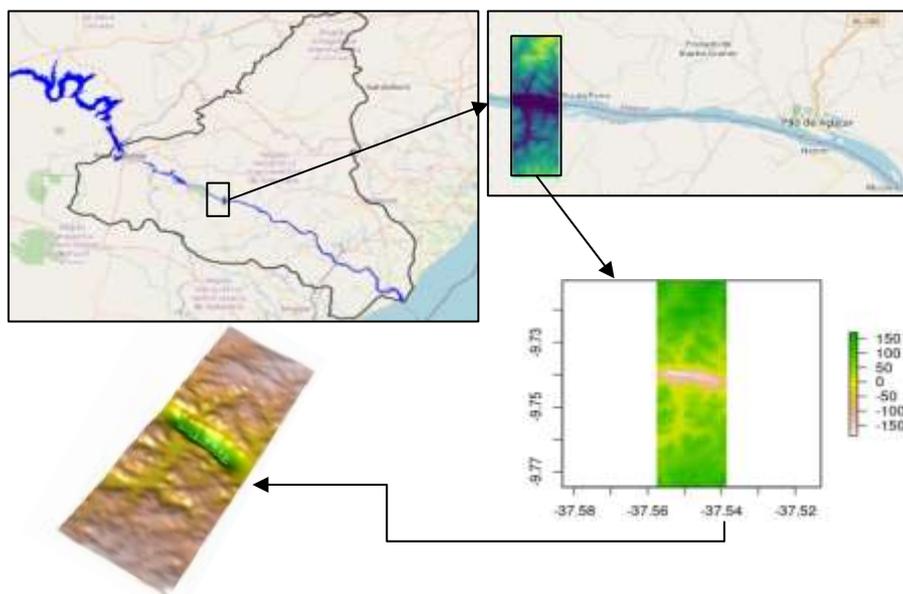
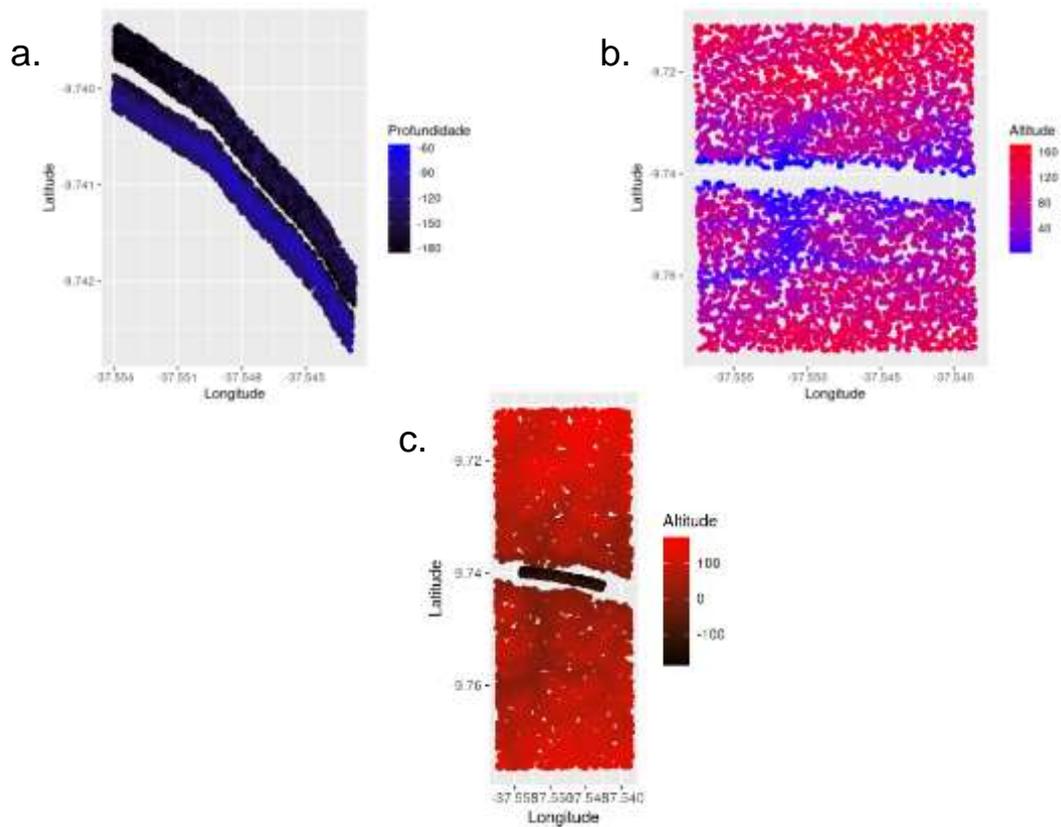


Figura 12 - Amostragem e concatenação de pontos.



Das paletas testadas para melhor visualizar os dados de altimetria/batimetria (Figura 13) selecionada foi a GMT Globe composta por 256 cores e estilizada utilizando o QGIS (Cpt-City) (Figura 13). Em seguida, para evidenciar o comportamento da variável elevação traçou-se um perfil de elevação perpendicular ao leito do rio (Figura 14).

Figura 13 - Amostragem e concatenação de pontos.

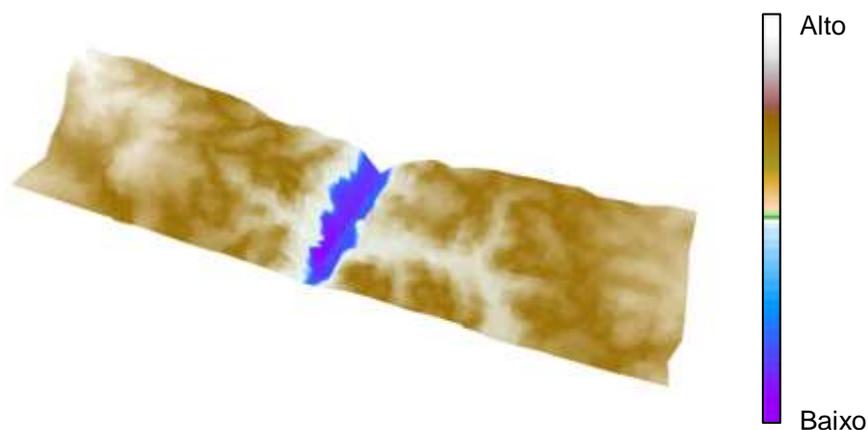


Figura 14 - Perfil de inclinação altimetria/batimetria.

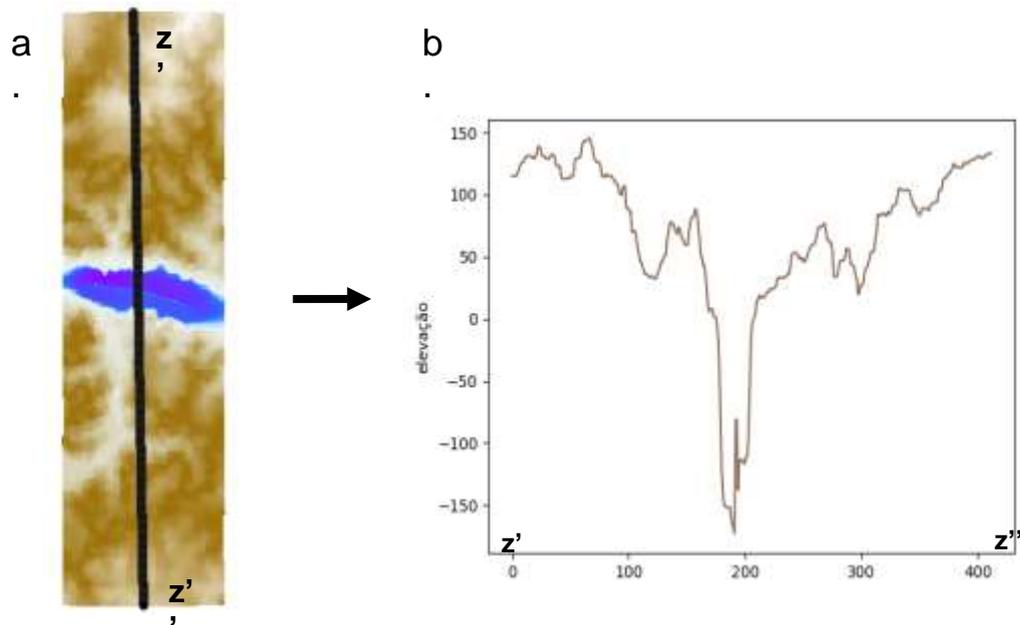
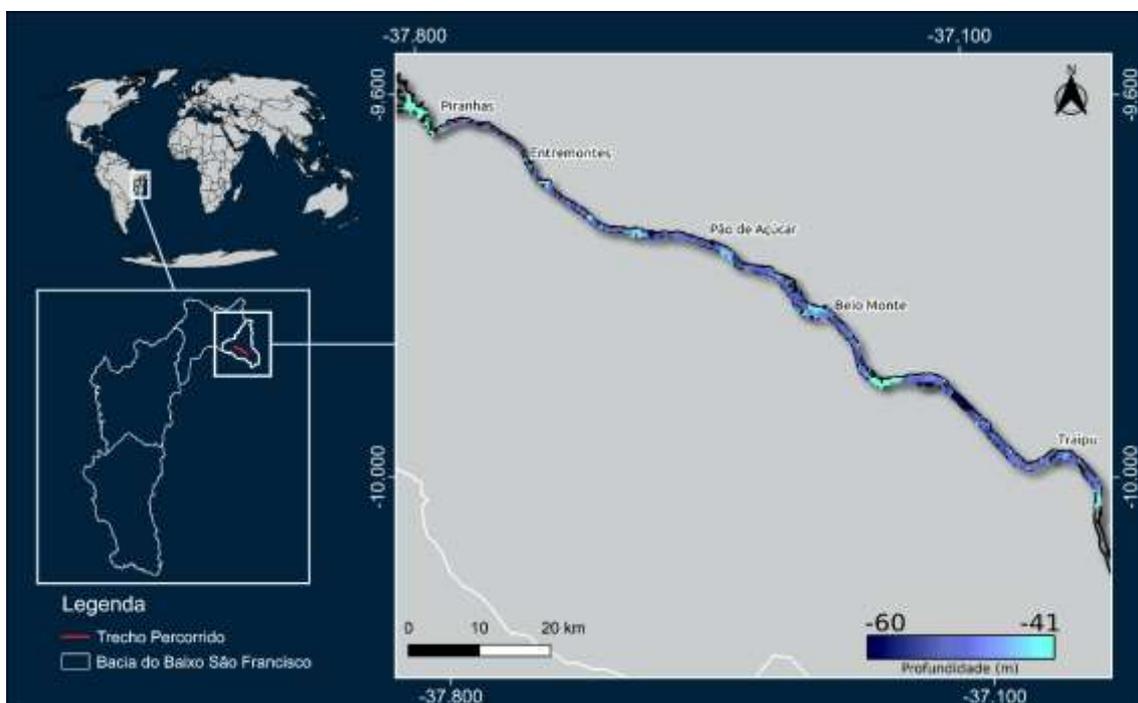


Figura 15 – Primeira análise batimétrica com uso de sidescan.

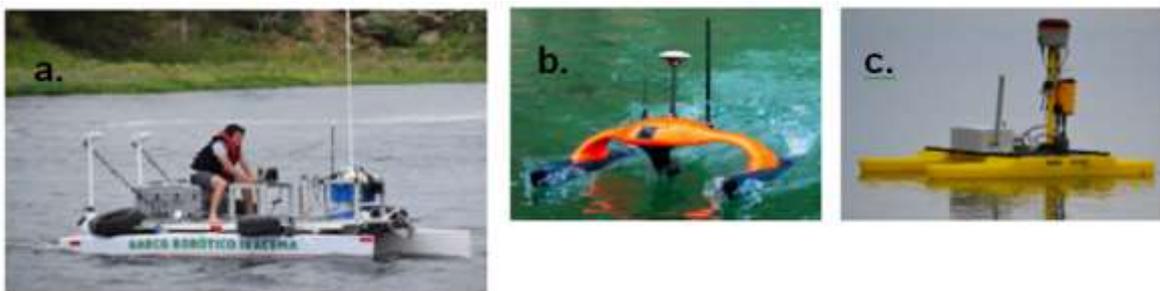


- Perspectivas futuras: monitoramento autônomo e modelo impresso 3D.

Na I etapa da expedição testou-se IRACEMA (Figura 16a), um veículo autônomo de superfície (USV - *Unmanned Surface Vehicles*) desenvolvido pelo Núcleo Nordeste do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-NE). Tal embarcação apresentou demandas de desenvolvimento, sendo uma dessas de grande importância, que é a logística para deslocamento de uma embarcação daquele porte. O desenvolvimento ou aquisição de embarcação autônoma de menor porte (exemplo, Figura 16b o

SONOBOT5 [evologics.de/sonobot-5-system](http://evologics.de/sonobot-5-system) e Figura 16c o HyDrone® [seafloorsystems.com/usv](http://seafloorsystems.com/usv)) para o monitoramento ambiental ativo no rio São Francisco ampliaria superlativamente a capacidade de aquisição e atualização de informações e modelos ambientais. E neste USV de menor porte, considerar a utilização de sistema sonar ecobatímetro multifeixe e de sistema perfilador hidroacústico de correntes (ADCP - *Acoustic Doppler Current Profiler*) para aumentar a robustez da modelagem ambiental.

Figura 16 - Embarcações robóticas para o monitoramento ambiental autônomo.



## CONCLUSÕES

A missão foi bem equalizada na III Expedição, os problemas ocorridos, como, por exemplo, a necessidade de troca de embarcação, foram bem assimilados. Para esta questão logística houve a necessidade do desenvolvimento de um suporte “universal” para acoplamento do transdutor nas diferentes embarcações de apoio. Problemas com eventual desacoplamento ou instabilidade do transdutor, resultaram em perda da qualidade dos sinais. As variações de velocidade nas embarcações, por situações de navegabilidade e eventual presença de ondas (principalmente na região estuarina) também resultaram na perda de qualidade em alguns sinais. As rotinas computacionais foram efetivas ao converter os arquivos .xtf provenientes de softwares prioritários, contudo utilizou-se um conjunto de linguagens e plataformas que pode comprometer a unificação do código, para perspectivas futuras é necessário unificar o código em uma

linguagem e plataforma, criando funções para resolução dos problemas e otimizando o tempo de processamento. Com a necessidade de um perfil de fundo do rio com maior acurácia, também é necessário buscar amostras em todo o espelho de água, pois as atuais amostras representam apenas uma faixa estreita. As próximas expedições devem incorporar essa amostragem. Finalmente, há a oportunidade de inserir informações georreferenciadas para modelagem e elaborar um SIG do baixo São Francisco que deverá incorporar aspectos relacionados a poluição, assoreamento, hidrologia, biodiversidade e arqueologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENNETT, Daniel L.; BISTER, Timothy J.; OTT JR, Richard A. Using Recreation - Grade Side - Scan Sonar to Produce Classified Maps of Submerged Aquatic Vegetation. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 40, n. 1, p. 145-153, 2020.

BUSCOMBE, Daniel. Shallow water benthic imaging and substrate characterization using recreational-grade sidescan-sonar. **Environmental Modelling & Software**, v. 89, p. 1-18, 2017.

CHESTERMAN, W. D.; CLYNICK, P. R.; STRIDE, A. H. An acoustic aid to sea bed survey. **Acta Acustica united with Acustica**, v. 8, n. 5, p. 285-290, 1958.

GASHAW, Temesgen et al. Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. **Science of the Total Environment**, v. 619, p. 1394-1408, 2018.

GREENE, Austin et al. Side scan sonar: A cost-efficient alternative method for measuring seagrass cover in shallow environments. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 207, p. 250-258, 2018.

KHABUEV, A. V. et al. The structure of the mud volcano Novosibirsk based on the results of geological and geophysical studies. **Limnology and Freshwater Biology**, p. 922-923, 2020.

LUCAS, Joseph S. et al. Geophysical benthic habitat mapping in Lake Tanganyika (Tanzania): Implications for spatial planning of small-scale coastal protected areas. **Journal of Great Lakes Research**, 2020.

LUCCHETTI, Alessandro et al. Multipurpose use of side-scan sonar technology for fisheries science. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 75, n. 10, p. 1652-1662, 2018.

PAIVA B.P. et al. Channel curvature effects on estuarine circulation in a highly stratified tropical estuary: The São Francisco river estuary (Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 238, 2020.

PEBESMA, Edzer J. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. **Computers & geosciences**, v. 30, n. 7, p. 683-691, 2004.

SCHWERTNER, G.; OLIVEIRA, R. R. ; VIANA, L. ; NETTER, G. ; FARIAS, J. T. ; BRITO, J. . Testes de conceitos e robustez em equipamentos para robótica e

sensoriamento ambiental. In: Soares, E.; Oliveira, V.; Silva, T.; Araújo, R.. (Org.). **Relatório da II Expedição Científica do Baixo São Francisco**. p. 544-560. 2020a.

SCHWERTNER, G.; CARVALHO, C. E. ; OLIVEIRA, R. R.. Testes de Conceito e Robustez em Equipamentos para a Robótica Ambiental Aplicados às Expedições Científicas do Rio São Francisco. In: III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2020, Belo Horizonte. **III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**, 2020b.

SOARES, Emerson C. et al. **I Expedição Científica do Baixo São Francisco: Resgate Histórico e Radiografia Atual do Velho Chico**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas. Primeira edição, 2019.

SOARES, Emerson C. et al. **Relatório da Segunda Expedição Científica do Baixo São Francisco**, Maceió: Universidade Federal de Alagoas. ISBN: 978-65-991634-0-1. Segunda edição, 2020.

STARFISH, **StarFish Towed Sonar System User Guide**. 28 páginas, 2010.

TAN, A.; SHENG, W. Cumulative distribution of river lengths, the number of rivers and the total length of all rivers. **Journal of the Alabama Academy of Science**, v. 74, n. 2, p. 101-102, 2003.

TEIXEIRA, Antonio H. de C. et al. Water productivity monitoring by using geotechnological tools in contrasting social and environmental conditions: Applications in the São Francisco River basin, Brazil. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, p. 100296, 2020.

UCHIMOTO, Keisuke et al. An experiment revealing the ability of a side-scan sonar to detect CO2 bubbles in shallow seas. **Greenhouse Gases: Science and Technology**, v. 10, n. 3, p. 591-603, 2020.

VIEIRA, RM da Silva Pinto et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, n. 1, p. 347-360, 2015.

Alfredo Borie-Mojica e Elen Santos Silva

*Universidade Federal de Alagoas, UE Penedo*

## RESUMO

A acústica passiva tornou-se uma ferramenta eficiente para detectar sons biológicos e antropogênicos na região do baixo rio São Francisco, onde foi predominante a produção de sons característicos de pelo menos 2 tipos de crustáceos e 18 tipos de peixes em sete locais de coleta de Piranhas à foz. Os sons de *P. argenteus* ocorreram praticamente em todas as localidades e foram compostos por pulsos individuais ou trem de pulsos com média de duração e número entre 0,4 segundos e 10,8 pulsos, e pico de frequência em 397,5 Hz, sendo raramente detectados sons longos, o que caracterizaria indivíduos machos sexualmente maduros, não sendo entradas agregações reprodutivas. Foi detectado a ocorrência de estalos de camarões (espécies comumente encontradas em ambientes estuarinos e marinhos) em todas as coletas a partir de Porto Real do Colégio, incluindo a foz onde houve maior ocorrência, podendo indicar ampla tolerância e sobrevivência em água doce ou baixa salinidade, ou espécie ainda não descrita. Com isto, recomendam-se maiores esforços de coleta utilizando de forma complementar a acústica passiva como sistema de monitoramento, junto com a continuidade de ações locais de repovoamento de espécies nativas ao longo do baixo rio São Francisco.

## INTRODUÇÃO

Monitorar alterações dos ambientes e seus habitantes é uma necessidade crítica de gestão e um desafio tecnológico considerável. Em muitos habitats aquáticos, o monitoramento a médio e longo prazos é uma tarefa desafiadora e, nesse sentido, o método acústico passivo pode ser um meio eficaz para avaliar a atividade biológica (produzidos por organismo aquáticos) e antrópica (produzidos através de diferentes embarcações) em locais onde o monitoramento contínuo por métodos de pesquisa tradicionais é impraticável.

método acústico passivo, que se baseia em ouvir os sons produzidos por organismos sonoros, possibilitando a utilização dos sons como verdadeiros marcadores naturais das espécies, uma vez que são espécie-específicos. A acústica passiva também provê benefícios importantes para a investigação científica já que é uma ferramenta observacional não invasiva e não destrutiva, com uma capacidade de monitoramento remoto permanente ou de longa duração e fornece importantes informações sobre padrões diários e sazonais (ROUNTREE et al., 2006).

O monitoramento acústico subaquático apresente uma abordagem viável, não invasiva e amplamente inexplorada para monitorar ecossistemas de água doce, fornecendo informações sobre os três principais elementos ecológicos dos ambientes aquáticos - (1) peixes, (2) macroinvertebrados e (3) processos físico-químicos - bem como fornece dados sobre os níveis de ruído antropogênico (LINKE et al., 2018). A importância ecológica da paisagem acústica em água doce está apenas começando a ser reconhecida pela sociedade. Os cientistas estão começando a aplicar os métodos de Monitoramento Acústico Passivo (MAP), bem estabelecidos nos sistemas marinhos, aos sistemas de água doce, para mapear padrões espaciais e temporais de comportamentos associados aos sons biológicos, bem como os impactos do ruído sobre eles (ROUNTREE et al., 2019).

O baixo rio São Francisco vem enfrentando problemas ambientais com fortes consequências sociais e econômicas (SOUZA E LEITÃO, 2000), causadas por diversos fatores, entre eles: diminuição do seu volume e velocidade, contaminação e sobrepesca (MARTIN et al., 2011, ZELLHUBER et al., 2016), afetando a biodiversidade de peixes (GOMES e BRITO, 2017, Soares et al., 2020) e crustáceos (MONTENEGRO et al., 2001), a sua distribuição e a atividade pesqueira com a diminuição e até extinção de algumas espécies comerciais.

No Brasil, pesquisas da passagem acústica utilizando a ferramenta acústica passiva em águas continentais são recentes e escassas. Assim, o objetivo deste trabalho pioneiro foi utilizar a acústica passiva para avaliar a paisagem acústica e a produção de sons biológicos e antrópicos na região do baixo São Francisco. O objetivo deste trabalho foi detectar e caracterizar sons biológicos de peixes e crustáceos, como também ruídos antropogênicos produzido por embarcações.

## **METODOLOGIA**

Os sons subaquáticos foram coletados durante a III Expedição Científica no baixo Rio São Francisco entre 30 de novembro e 10 de dezembro de 2020. Os locais amostrados

foram: Piranhas, Pão de Açúcar, Porto Real do Colégio, Penedo (confluência com o rio Boacica), Piaçabuçu (confluência com o rio Piauí) e foz.

Os dados acústicos foram obtidos utilizando um gravador subaquáticos do modelo “SoundTrap (ST) 300” (Ocean Instrument, New Zealand). O STD é destinado para uso geral de medições de ruído aquáticos com uma gama de 20 Hz a 60 kHz, com frequência de amostragem 48kHz, 16 bits. Este sistema permitiu avaliar os padrões sonoros biológicos e antrópicos sazonais e temporais, juntamente com as temperaturas que ocorrem nos locais durante o período de estudo. O ST foi fixado a um cabo de polietileno e ancorado no fundo utilizando uma garateia, foram utilizadas boias para armação do equipamento no fundo (Figura 1.). As gravações ocorreram em áreas de com profundidades de 1 a 6 metros e foram realizadas no final da tarde até o início da manhã do dia seguinte (entre as 17:00 e 06:30 hrs.), devido a maior ocorrência de sinais acústicas nesse horário.

Após o recolhimento do hidrofone (ST) em cada ponto, os dados foram descarregados em um computador portátil, onde foi feita uma avaliação utilizando programa de áudio Audacity® ([www.audacityteam.org](http://www.audacityteam.org)), onde foi determinado o tempo inicial e final de cada evento sonoro passível de ser ouvido, assim como a alta e baixas frequência e frequência central (frequência de maior energia).

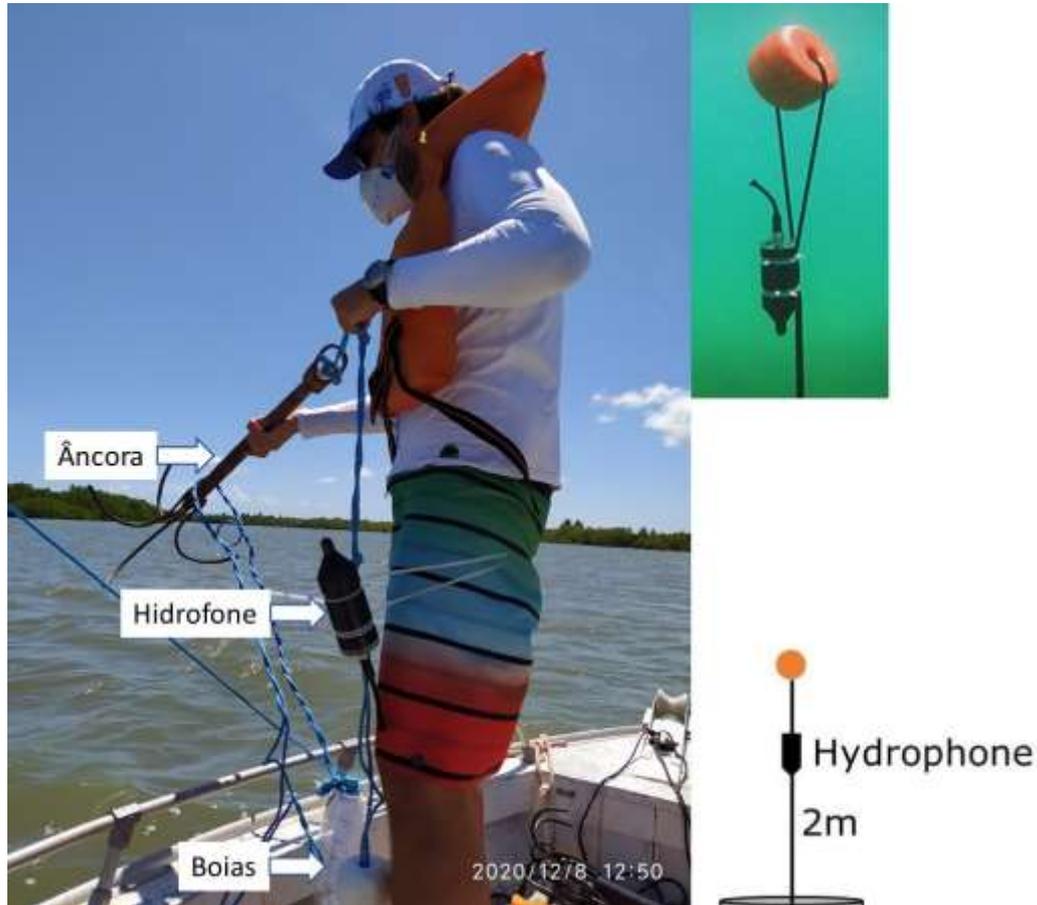
Os diferentes tipos de sons foram detectados e selecionados manualmente no Audacity através do espectrograma em escala logarítmica, frequência mínima e máxima de 100 e 48000 Hz respectivamente, com janela Hann de tamanho 2048.

O programa Raven Pro 1.6 (Cornell Lab.) foi utilizado para avaliar os tipos de sons detectados, individualizados e selecionados, sendo efetuados cortes de diferentes comprimentos nas gravações para logo serem gerados oscilogramas e espectrogramas. Os sons também foram filtrados seguindo a banda de frequência que apresentavam para as análises de parâmetros acústicos como: Frequência mínima (Hz), Frequência máxima (Hz), Pico da frequência (Hz), Duração do som (seg.), número de pulsos por som e Taxa de pulsação (pulsos/seg.).

O programa Raven Pro 1.6 (Cornell Lab) foi utilizado para avaliar os tipos de sons detectados onde forma efetuados cortes de diferentes comprimentos (duração) nas gravações para serem gerados oscilograma, espectrogramas, e espectros de potência.

Foram medidos parâmetros acústicos como: Duração do trem de pulsos, Número de pulsos, Taxa e pulsação (pulsos/seg), Frequência máxima (peak freq.), Frequência mínima (low freq.), Pico da frequência (peak freq.)

Figura 1. Momento do lançamento do hidrofone SoundTrap na área de confluência dos rios São Francisco e Piauí (divisa entre os municípios de Penedo e Piaçabuçu), acoplado ao sistema de ancoragem e armação com boias.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados ressaltam a importância da utilização da acústica passiva como ferramenta observacional, não invasiva e não destrutiva, e também como sistema de monitoramento da fauna aquática na região do baixo rio São Francisco.

Os sons biológicos no baixo rio São Francisco foram compostos principalmente por cliques e estalos de camarões, com padrões similares aos encontrados no ano anterior nas mesmas localidades, diferentes tipos de sons característicos de peixes e sons antropogênico, como embarcações.

No caso do curimatã-pacu (*P. argenteus*), sabe-se que espécies do mesmo gênero foram grandes agregações reprodutivas, onde os machos produzem sons para atrair as fêmeas, iniciando o processo da desova. Durante as expedições científicas no baixo São Francisco realizadas nas campanhas de 2019 e 2020 não foi possível localizar tais

agregações, e sim sons individuais de alguns poucos organismos (BORIE-MOJICA, 2019), principalmente na região de Piranhas (Figura 2). Estes sons apresentaram uma banda de frequência média entre 1132 e 244 Hz (Tabela 1.).

Figura 2. Tipos de sons produzidos por diferentes exemplares de *P. argenteus* na região de Piranhas. Windows size 2048

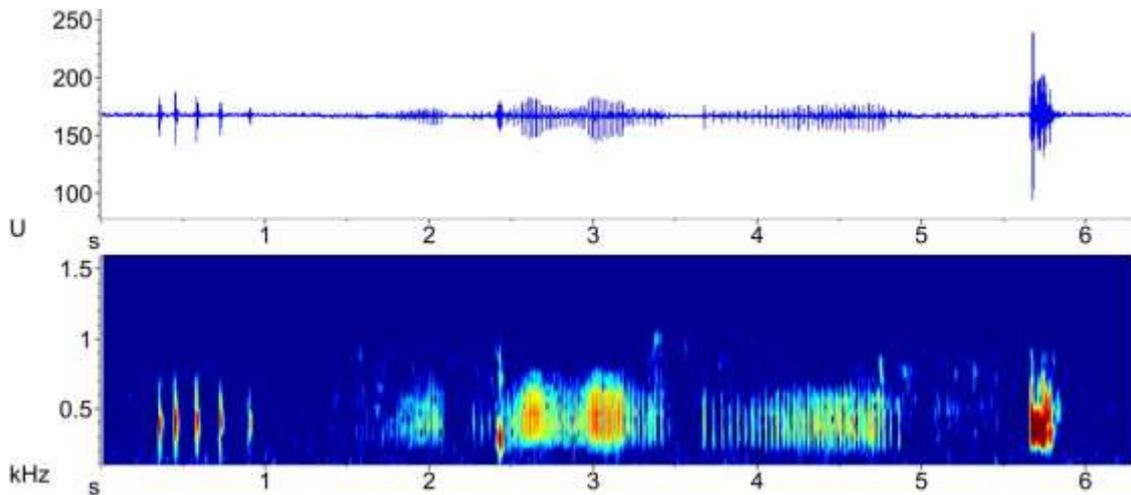
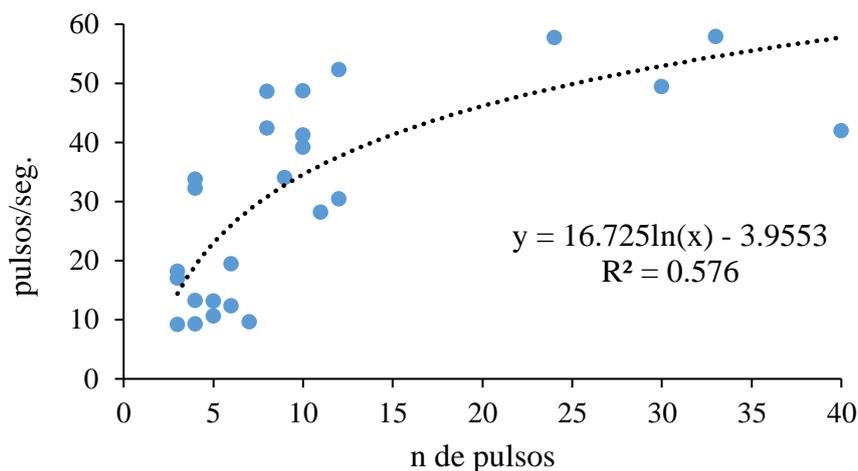


Tabela 1. Parâmetros acústicos dos sons (n=25) característicos de *P. argenteus* detectados na localidade de Piranhas. DP=Desvio padrão.

	Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)	Pico da frequência (Hz)	Duração do som (seg.)	n de pulsos/som	Taxa de pulsação (pulsos/seg.)
Média	244.7	1132.0	397.5	0.355	10.8	30.8
DP	38.2	127.7	98.6	0.200	10.0	16.5

Os sons em algumas espécies da família Prochilodontidae, como *P. magdalenae* no rio Magdalena, na Colômbia (MUÑOZ-DUQUE et al., 2021) e *P. nigricans*, no rio Madeira (BORIE et al., 2019), podem estar compostos por pulsos individuais ou trem de pulsos, com similares características as encontradas no baixo rio São Francisco. Pulsos individuais foram comumente encontrados em todos os pontos de coleta. Sons longos, compostos por vários trens de pulsos foram detectados raramente nas diferentes localidades. A dispersão logarítmica do número de pulsos e lusos por segundo pode indicar indivíduos em diferentes estágios reprodutivos (Figura3).

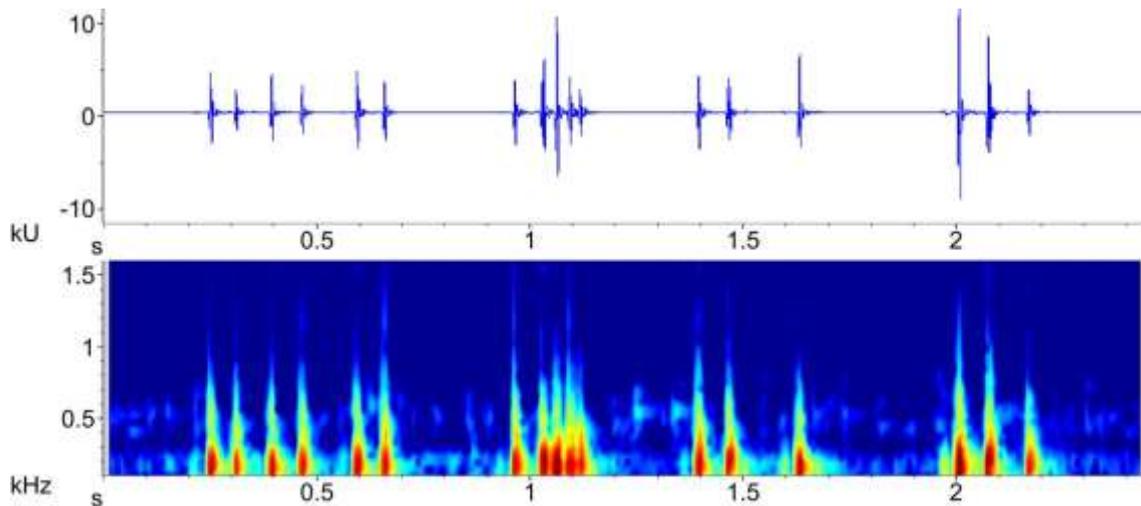
Figura 3. Relação logarítmica do número de pulsos e pulsos/segundo de sons característico do gênero *Prochilodus*.



Uma das características secundárias utilizadas para a seleção de machos aptos para o processo de reprodução induzida e extrusão são os sons produzidos pelos machos (obs. pessoal). Resultados preliminares mostram que machos de *P. argenteus* utilizados na reprodução induzida com hormônios podem produzir sons mais longos, com maior número de pulsos e variação temporal no intervalo entre pulsos, com frequências menores a 500 Hz (Figura 4). Esta complexidade acústica que pode estar relacionado com o estado de maturação sexual por parte dos machos. Isto vem permitindo comparar os sons emitidos em ambientes controlados, com os sons detectados na natureza, indicando a ocorrência de alguns exemplares desta espécie.

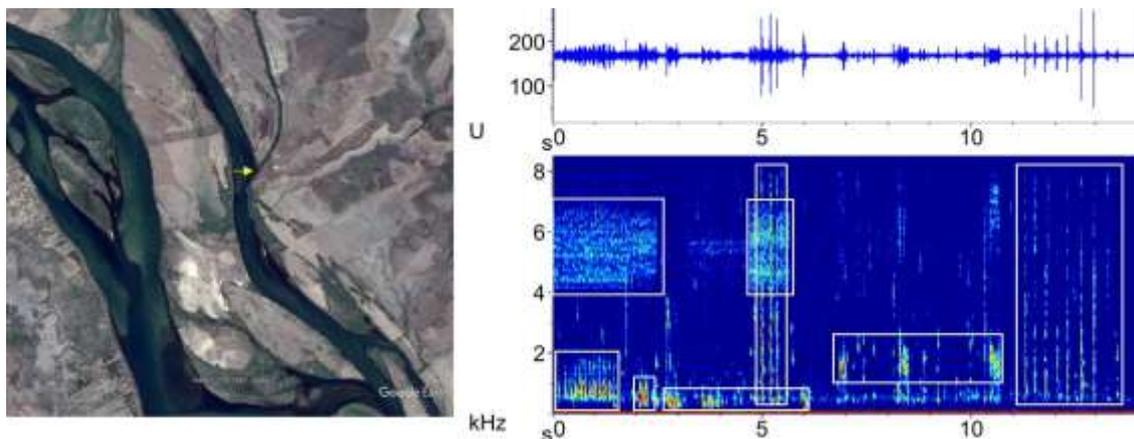
O fato de não detectar essas agregações pode estar relacionado a falta de condições ambientais favoráveis pra o processo reprodutivo, o que possivelmente levou a um declínio da população destas espécies em particular. Segundo Arantes et al. 2010, modificação de porções de rios pode ter um impacto negativo no processo reprodutivo de peixes migradores de água doce. Portanto, maiores esforços precisam ser realizados para aumentar a área de cobertura da coleta de dados, juntamente com um maior número de coletas durante o período reprodutivo descrito para este gênero ou espécies. Assim, faz-se extremamente necessário a continuação das ações de repovoamento (“peixamento”) desta e de outras espécies de importância comercial para a pesca artesanal.

Figura 4. Som de um exemplar de *P. argenteus* após o processo de indução reprodutiva hormonal.



Nas áreas de confluências do rio São Francisco com o rio Boacica (Figuras 5) assim como na foz (Figura 6) também foi possível detectar sons característicos de crustáceos com frequências entre 4 e 7 kHz, e diferentes tipos de peixes com frequências menores a 2 kHz, sendo na foz, sons de peixes com frequências menores a 1 kHz. Também foi possível detectar os sons de outras espécies de peixes com diferentes padrões acústicos de frequência e variações temporais do trem de pulsos em diferentes localidades (Figura 7).

Figura 5. Sons de peixes e crustáceos detectados na confluência dos rios Boacica e São Francisco, próximo a cidade do Penedo.



A produção de sons característicos de crustáceos, como os camarões se fez presente na maioria das localidades (Figura 8), assim como ocorreu no ano anterior (BORIE-MOJICA, 2019). O aumento na quantidade de macrófitas pode estar favorecendo as populações de camarões encontrados na região.

Figura 6. Diferentes tipos de sons característico de peixes detectados na foz do rio São Francisco.

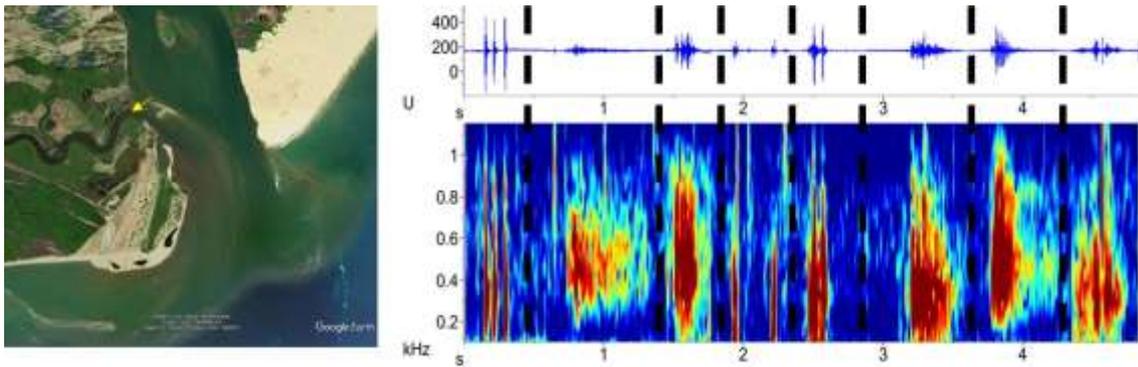
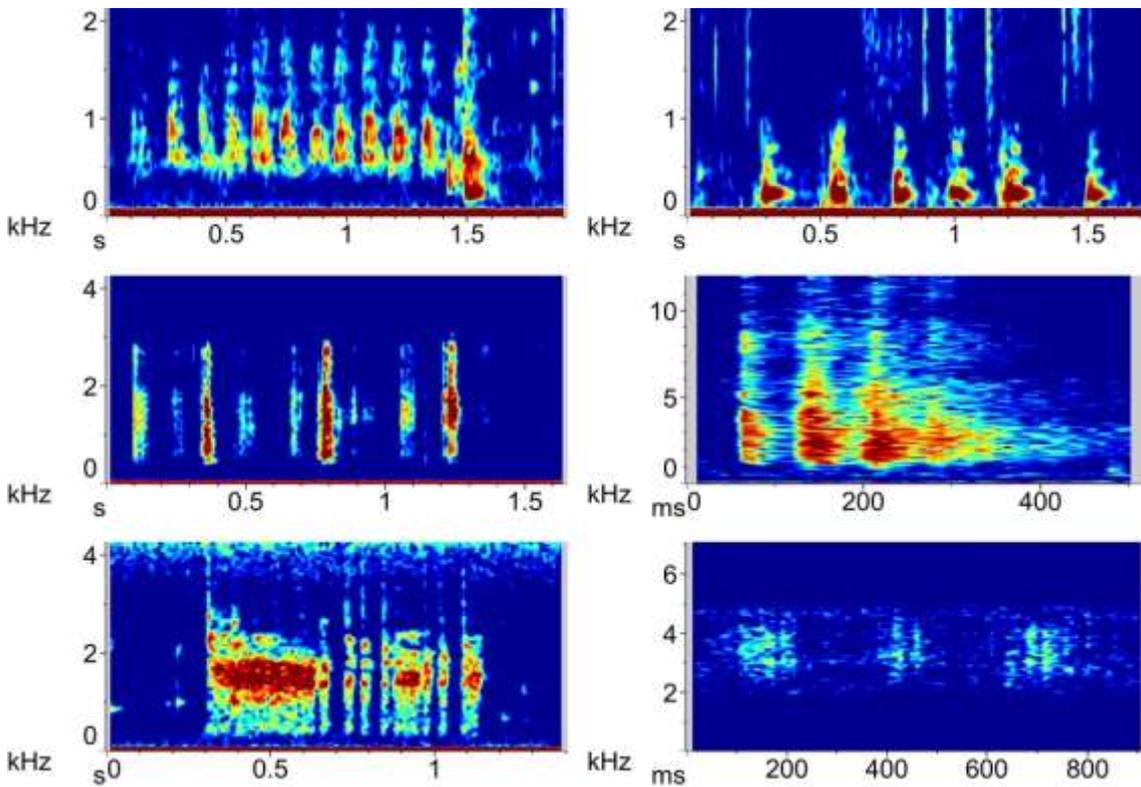


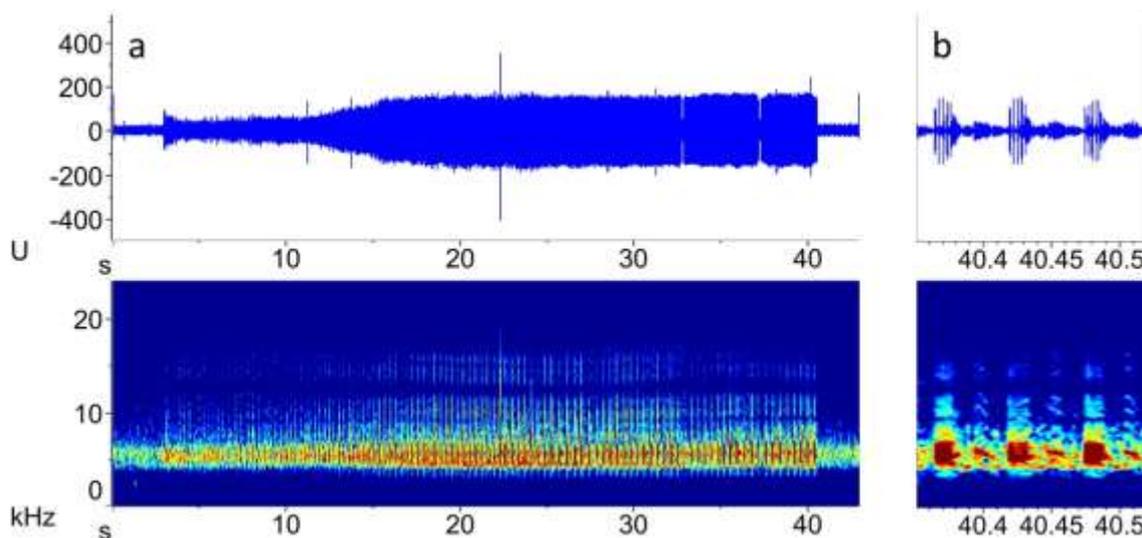
Figura 7. Sons individuais característicos de peixes detectados nas regiões do baixo São Francisco.



O camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*), é um animal encontrado na bacia do rio São Francisco, com relevante interesse comercial devido ao porte e boa aceitação no mercado (NEW, 1995). Segundo Coelho e Lima (2003), o camarão-canela é uma das espécies mais abundantes no rio São Francisco, mas sua exploração ainda se baseia na pesca artesanal, praticada por ribeirinhos e servindo para fins de subsistência dessas comunidades. Resultados preliminares da produção de sons durante atividade

alimentar do camarão-canela em cativeiro mostram padrões similares aos encontrados no ambiente natural.

Figura 8. Som característico de camarão detectado na região de Pão de Açúcar. a. oscilograma e espectrograma (abaixo). b. maximização dos três últimos pulsos. Windows size 512.



Os sons característicos de camarões, sendo camarão-de-estalos, característico de ambientes estuarinos, apresentou ampla banda de frequência entre 1.2 e 12.4 kHz e pico de frequência médio de 4,1 kHz. Já a espécie de camarão que foi predominante na região do baixo São Francisco emitiu cliques com banda de frequência entre 4,5 e 6,8 kHz e pico de 5,5 kHz, em média com uma maior duração (Tabela 2).

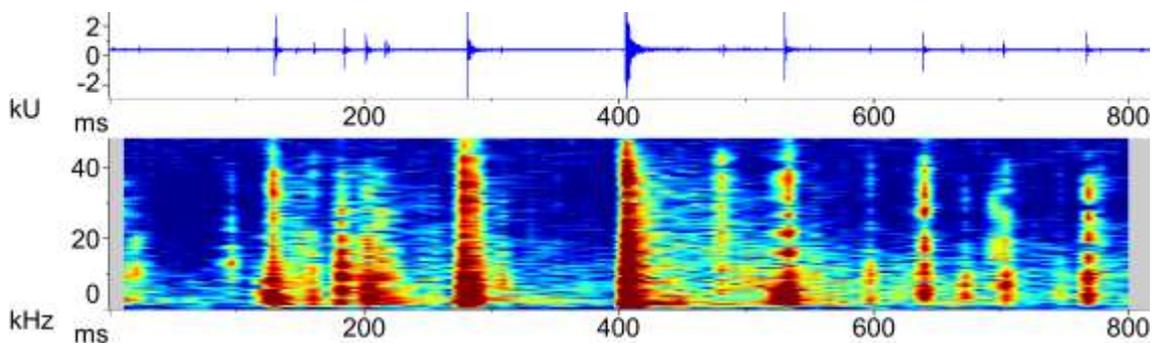
Tabela 2. Parâmetros acústicos dos sons característicos de camarões detectado no baixo rio São Francisco. DP=Desvio padrão.

		Frequência mínima (Hz)	Frequência máxima (Hz)	Pico da frequência (Hz)	Duração do som (mseg.)
Camarão-de-estalo	Média	1256.4	12435.8	4171.9	4.7
	DP	473.4	2523.1	1445.9	1.7
Camarão I	Média	4549.8	6852.2	5540.6	16.9
	DP	104.8	63.0	337.9	0.5

Como era esperado, a área da foz apresenta características acústicas similares às encontradas em outras regiões estuarinas do nordeste brasileiro (BORIE-MOJICA in prep.), com som de estalos principalmente produzidos por crustáceos (Figura 8). Na foz

foram detectados sons característicos do câmara-de-estalo, provavelmente do gênero *Alpheus* (Figura 9). Em água doce, os sons biológicos utilizaram frequências que variavam de 3 kHz a cerca de 14 kHz (GILES et al., 2005). Camarões do gênero *Alpheus*, que produz sons de estalos com uma ampla faixa de frequências entre ~ 1 e 15 kHz (SCHMITZ, 2002; COQUEREAU et al. 2016). O estalo do camarão da família Alpheidae produz o principal componente acústico com frequências acima de 2 kHz, e com intensidades mais altas no início e no final da noite no ambiente marinho (LAMMERS e MUNGER, 2016).

Figura 9. Sons característicos de camarão-de-estalo, provavelmente do gênero *Alpheus* detectados na região da foz do rio São Francisco.



Inesperadamente também foram detectados sons característicos do camarão-de-estalo a partir da localidade de Porto Real do Colégio. Este tipo de sons é comumente encontrado em ambientes estuarinos. Embora exista uma única espécie registrada em água doce, *Alpheus cyanoteles* encontrado na Malásia (YEO E NG, 1996), outras espécies de camarão-de-estalos podem sobreviver em baixas salinidades, mesmo sendo mais abundantes em ambientes marinhos e estuarinos. Assim, ainda são necessários maiores esforços de coleta de dados sobre as espécies de camarões, e com isso poder inferir sobre a possível origem dos sons detectados que ocorrem na região.

As principais embarcações detectadas ao longo de todo o baixo rio São Francisco foi a de canoas motorizadas utilizadas pelos ribeirinhos como meio de transporte e atividades de pesca. Durante a passagem, estes ruídos podem mascarar completamente o espectro acústico dos sons biológicos detectados.

A ferramenta acústica permitiu avaliar a ocorrência de sons biológicos, assim como sons antropogênicos, como é o caso das embarcações a motor, sejam lanchas, balsas

ou canoas motorizadas utilizadas na pesca artesanal. Além de avaliar a qualidade do ambiente, como o caso da região de Paiçabuçu, onde na expedição anterior (BORIE-MOJICA, 2019) foi detectado um ambiente com características estuarinas.

Sugere-se a realização de maiores esforços utilizando a acústica passiva, que irão também permitir, a localização e mapeamento de áreas prioritárias para conservação e essenciais para as diversas espécies do baixo rio São Francisco. Com tudo, ainda a metodologia acústica passiva utilizada durante as expedições científicas no baixo rio São Francisco podendo ser replicada nas regiões do submédio, médio e alto para avaliar ambientes, a ocorrência de diversas espécies e agregações reprodutivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORIE-MOJICA 2019. Avaliação da paisagem acústica do baixo rio São Francisco. Em: O BAIXO SÃO FRANCISCO: CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E SOCIAIS 398 p. Edufal, Maceió, AL.

LINKE, S., GIFFORD, T., DESJONQUÈRES, C., TONOLLA, D., AUBIN, T., BARCLAY, L., ... & SUEUR, J. (2018). Freshwater ecoacoustics as a tool for continuous ecosystem monitoring. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(4), 231-238.

MONTENEGRO, S. C. S., NORDI, N., & MARQUES, J. G. W. (2001). Contexto cultural, ecológico e econômico da produção e ocupação dos espaços de pesca pelos pescadores de pitu (*Macrobrachium carcinus*) em um trecho do Baixo São Francisco, Alagoas-Brasil. *Interciencia*, 26(11), 535-540.

MUÑOZ-DUQUE, S., LÓPEZ-CASAS, S., RIVERA-GUTIÉRREZ, H., & JIMÉNEZ-SEGURA, L. Bioacoustic characterization of mating calls of a freshwater fish (*Prochilodus magdalenae*) for passive acoustic monitoring. *Biota Colombiana*, 22(1).

NEW, M.B. 1995 Status of freshwater farming a review. *Aquaculture Research*, 26(1): 1-54.

PEREIRA ARANTES, F., BATISTA DOS SANTOS, H., RIZZO, E., SATO, Y., & BAZZOLI, N. (2011). Collapse of the reproductive process of two migratory fish (*Prochilodus argenteus* and *Prochilodus costatus*) in the Três Marias Reservoir, São Francisco River, Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(3), 847-853.

ROUNTREE, R. A.; GILMORE, R. G.; GOUDEY, C. A.; HAWKINS, A. D.; LUCZKOVICH, J. J.; MANN, D. A 2006. Listening to fish: applications of passive acoustics to fisheries science. *Fisheries*, v.31, p.433-446.

ROUNTREE, RODNEY A.; BOLGAN, MARTA; JUANES, FRANCIS. How can we understand freshwater soundscapes without fish sound descriptions?. *Fisheries*, 2019, 44.3: 137-143.

ROUNTREE, RODNEY A.; JUANES, FRANCIS; BOLGAN, MARTA 2019. Freshwater soundscapes: a cacophony of undescribed biological sounds now threatened by anthropogenic noise. *bioRxiv*, 2019, 740183.

YEO, D.C.J. AND NG, P.K.L.1996. A new species of freshwater snapping shrimp *Alpheus cyanoteles* (Decapoda: Caridea: Alpheidae) from Peninsular Malaysia and a redescription of *Alpheus paludicola* Kemp, 1915. Raffles Bulletin of Zoology, 44: 37-63.

Élica Amara Cecília Guedes<sup>1</sup>; Manoel Messias da Silva Costa<sup>2</sup>; Ana Karolina Lopes da Silva<sup>3</sup>; Mariana Melo Fireman<sup>4</sup>;

<sup>1</sup>Professora Doutora, Chefe do Laboratório de Ficologia – LABOFIC, Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

<sup>2</sup>Professor Doutor, Setor de Biologia, Instituto Federal de Alagoas – IFAL.

<sup>3</sup>Graduanda em Ciências Biológicas, Estagiária do Laboratório de Ficologia – LABOFIC, Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

<sup>4</sup>Graduada em Ciências Biológicas, Estagiária do Laboratório de Ficologia – LABOFIC, Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

## RESUMO

Para avaliar o grau de contaminação de ambientes aquáticos, são estudadas comunidades biológicas que possam atender como bioindicadores aquáticos, dentre elas estão o fitoplâncton, consideradas bons indicadores de alterações no meio, além de possuírem ampla distribuição no planeta. É de extrema importância para a compreensão do meio, uma vez que dentro de cada ambiente existe um conjunto de formas fitoplanctônicas, cuja variedade, abundância e distribuição são próprias e que se adaptam bem às características abióticas. Foram analisadas 43 amostras, durante o período de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020, em oito municípios (Alagoas e Sergipe) a margem do rio e na Foz do São Francisco: Piranhas (AL), Pão de Açúcar (AL), Traipu (AL), Penedo (AL), Igreja Nova (AL), Propriá (SE), Piaçabuçu (AL), Brejo Grande (SE). As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais superficiais, com rede de plâncton com malha de 20 µm em cinco pontos distintos: próximos as margens do São Francisco entre os estados de Alagoas e Sergipe (Pontos 1 e 3), parte mediana do rio (Ponto 2) e antes e após da captação d'água (Pontos 4 e 5). As amostras foram acondicionadas em frascos e preservadas em solução TRANSEAU (6:3:1 água destilada, álcool etílico 70%, formol), devidamente etiquetados, sendo posteriormente transportados ao Laboratório de Ficologia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Foram examinadas alíquotas de 1 ml procedendo-se a análise direta em microscópio óptico binocular Zeiss (Axioscop 40) utilizando câmara de Sedgwick-Rafter, sendo a identificação das espécies, baseada em bibliografias pertinentes na área. Foram realizadas as seguintes análises: Riqueza de Espécies, Abundância Relativa (%), Frequência de Ocorrência (%), Diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J), Dominância de Simpson (λ) e Densidade de Células (cel.mL<sup>-1</sup>). A comunidade fitoplanctônica do presente estudo esteve distribuída nas divisões Cyanobacteria, Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Rhodophyta e Chlorophyta. Durante o período estudado foram observadas espécies dominantes, que influenciaram na densidade de células, na abundância relativa, diversidade e equitabilidade: *Cylindrospermopsis raciborskii* (58,8%), *Aulacoseira granulata* (45,9%), *Microcystis aeruginosa* (36%), *Arthrospira platensis* (31%), *Pediastrum simplex* (31%), *Aulacoseira granulata* var.

*angustissima* (26%), *Actinastrum hantzschii* (25,4%), *Anabaena spiroides* (22,8%), *Ceratium furca* (19,9%), *Oedogonium* sp. (18,7%) e *Scenedesmus ellipticus* (18,5%), espécies estas que estão associadas a ambiente eutrofizados e/ou acidificados. Persistindo nessa mudança na vazão e despejos indiscriminados de efluentes domésticos, o ambiente sofrerá enormes consequências, com o surgimento de cianobactérias potencialmente tóxicas.

**Palavras-chave:** densidade, abundância, ambiente lótico.

## INTRODUÇÃO

O ambiente aquático é essencial na manutenção dos ecossistemas do planeta e na existência humana, pois a água possui importância primordial para a vida, pois nenhum processo metabólico ocorre sem a sua ação direta ou indireta (ESTEVES, 2011). Um ecossistema que não tenha sofrido influência direta ou indireta do ser humano, como exemplo a contaminação dos ambientes aquáticos, aliadas ao desmatamento, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultam na diminuição da diversidade de habitats e na perda da biodiversidade (GOULART & CALLISTO, 2003).

Dentre os inúmeros organismos que habitam os ambientes aquáticos, a comunidade fitoplanctônica se constitui como uma das mais importantes, em sua grande maioria, dotados de pigmentos fotossintetizantes e constituindo o primeiro elo das cadeias alimentares aquáticas, são responsáveis pela produtividade primária e refletem com fidelidade os impactos antrópicos aquáticos, uma vez que dentro de cada ambiente existe um conjunto de formas fitoplanctônicas, cuja variedade, abundância e distribuição são próprias e dependem da adaptação às características abióticas, sendo de extrema importância para a compreensão do meio (REYNOLDS, 2006; RAVEN et al., 2014).

Comunidades de microalgas são consideradas bons indicadores de mudanças ambientais, sua distribuição e a dinâmica dos recursos, em ambientes aquáticos, têm sido afetadas pela alteração climática e pela atividade humana indiscriminada (SHOUBAKY, 2013).

Tais estudos com o fitoplâncton contribuem preponderantemente para a compreensão do funcionamento do sistema como um todo, devido a sua contribuição essencial na elaboração da matéria orgânica necessária a sobrevivência dos organismos herbívoros destes ambientes (ESTEVES & SANT'ANNA, 2006; CÂMARA et al., 2007).

Com o aumento da eutrofização em ambientes lóticos advindos de múltiplos usos, como abastecimento público, lazer, aquicultura e pesca, além de se modificar

rapidamente tanto no tempo como no espaço, tem permitido um rápido crescimento de algumas espécies de fitoplâncton que estão se tornando cada vez mais comum e dominante nestes ambientes, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, implicando em potenciais danos à saúde da população (PANOSSO et al., 2007; COSTA et al., 2009).

Assim, o presente trabalho objetivou levantar informações sobre a dinâmica da comunidade fitoplanctônica e a partir de então, realizar a análise de como esses organismos fotossintetizantes podem desempenhar papel de bioindicadores da qualidade da água no ecossistema em estudo.

## **METODOLOGIA**

As coletas foram realizadas durante a III Expedição do Baixo Rio São Francisco (Autorização MMA/ICMBio – 75591-1), onde foram analisadas 43 amostras durante o período de 30 novembro a 10 de dezembro de 2020, onde foram determinados pontos de coleta ao longo do trecho Baixo São Francisco e oito municípios e na foz: Piranhas (AL), Pão de Açúcar (AL), Traipu (AL), Penedo (AL), Igreja Nova (AL), Propriá (SE), Piaçabuçu (AL), Brejo Grande (SE). Os pontos de coletas foram designados da seguinte forma: (1) margem dos municípios do estado de Alagoas, (2) porção mediana entre os estados de Alagoas e Sergipe, (3) margem dos municípios do estado de Sergipe, (4) antes da captação de água e (5) após a captação de água nos municípios do estado de Alagoas.

As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais e subsuperficiais, utilizando-se rede de plâncton com abertura de malha de 20 µm. Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em frascos de plásticos de aproximadamente 100 mL, devidamente etiquetados e preservadas em solução TRANSEAU (6:3:1 água destilada, álcool etílico 70%, formol), sendo posteriormente transportados ao Laboratório de Ficologia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde (ICBS) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

A composição do fitoplâncton foi determinada a partir da análise de montagens lâmina-lamínulas (lâminas temporárias), visualizadas sob um microscópio óptico binocular Zeiss (Axioscop 40). Para o estudo quantitativo, foram analisadas alíquotas de 1 mL, de acordo com o método de Sedgwick-Rafter (S-R) (APHA; AWWA; WEF, 2005; CETESB, 2011).

Para a identificação taxonômica dos gêneros e/ou espécies, foram consultados trabalhos específicos na área: Bourrely (1970), Streble & Krauter (1987), Anagnostidis

& Komarek (1990), Parra & Bicudo (1995), Moreno et al. (1996) e Komarek & Anagnostidis (1998). Foi utilizado o Sistema de Classificação de Round et al. (1990) para enquadramento taxonômico das diatomáceas, o de Anagnostidis & Komarek (1988) e Komarek & Anagnostidis (2005) para Cyanobacteria, Buchheim et al. (2001) para Chlorophyta e o Sistema de Van den Hoek et al. (1995) para os demais grupos taxonômicos (Euglenophyta, Dinophyta e Rhodophyta). Todos os nomes científicos de espécies foram checados junto ao banco de dados internacional ITIS (Integrated Taxonomic Information System) e ALGAEBASE (GUIRY & GUIRY, 2014).

Após a identificação, foram realizadas contagens dos organismos e calculada a abundância relativa de cada táxon, utilizado a fórmula:  $A=N \times 100/n$  onde, N = n° de espécies na amostra; n = n° total de espécies, sendo estabelecidos os seguintes critérios: dominante – ocorrência maior do que 50%; abundante – ocorrência entre 50 e 30%; pouco abundante – ocorrência entre 30 e 10%; rara – menor de 10% (LOBO & LEIGHTON, 1986).

A frequência de ocorrência (%) foi calculada a partir do número de vezes em que cada táxon ocorreu nas porções do talo dos hospedeiros, por intermédio da fórmula:  $F=P \times 100/p$ , onde, P = número de amostras contendo a espécie; p = número total de amostras, sendo estabelecidos as seguintes categorias: muito frequente – ocorrência em mais de 70% das amostras; frequente – ocorrência entre 70 e 40% das amostras; pouco frequente – ocorrência entre < 40 e 20% das amostras e esporádica < 20% (MATEUCCI & COLMA, 1982).

A riqueza correspondeu ao número de espécies encontrado em cada amostra. O índice de diversidade específica foi calculado segundo Shannon (H') ( $-\sum p_i \cdot \log_2$ ) (Shannon, 1963), cujos valores foram enquadrados nas seguintes categorias: alta diversidade =  $\geq 3,0 \text{ bits.cel}^{-1}$ ; média diversidade =  $< 3,0 \geq 2,0 \text{ bits.cel}^{-1}$ ; baixa diversidade =  $< 2 > 1,0 \text{ bits.cel}^{-1}$ ; diversidade muito baixa =  $< 1,0 \text{ bits.cel}^{-1}$  (VALENTIN, 2000). A Equitabilidade (J) foi calculada segundo Pielou (1977), apresentando valores entre 0 e 1, sendo considerado alto ou equitativo os valores superiores a 0.50, o qual representa uma distribuição uniforme dos táxons na amostra analisada e dominância de Simpson ( $\lambda$ ) (MAGURRAN, 1988). Para estes cálculos foi utilizado o programa estatístico PAST (HAMMER et al., 2001). Teste de Levene's foi utilizado para avaliar a normalidade e homogeneidade de variância. Análises de variância (ANOVA *two way*) foram usadas para testar a riqueza de espécies e densidade de células das amostras coletadas. Teste de comparações múltiplas de Tukey (*Tukey's pairwise*) para riqueza e teste

Wilcoxon (*Wilcoxon pairwise*) foram aplicados quando ocorreram diferenças significativas ( $P < 0.05$ ). Para todos os procedimentos estatísticos foram utilizados os programas estatísticos PAST (HAMMER *et al.*, 2001).

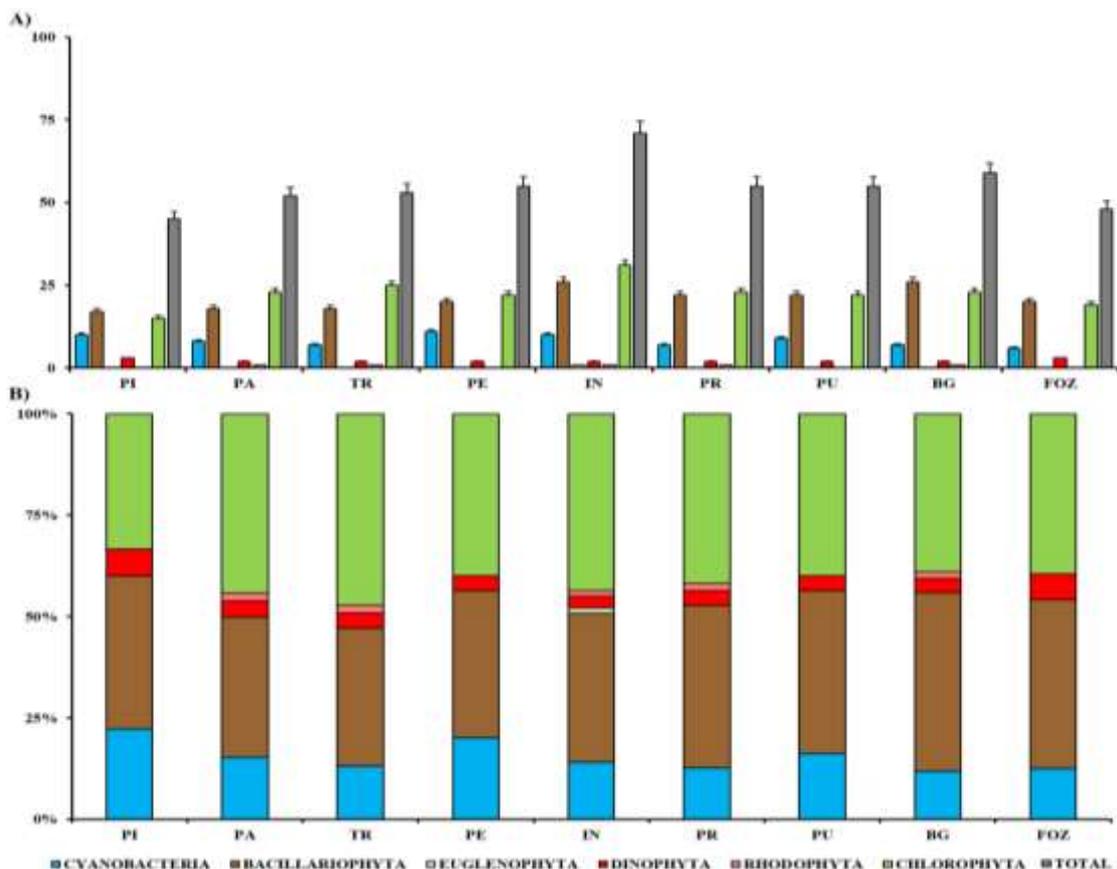
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comunidade fitoplanctônica do presente estudo esteve distribuída nas divisões Cyanobacteria, Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Rhodophyta e Chlorophyta. As divisões com maior representatividade de riqueza de espécies foram Chlorophyta (31 spp.) no município de Igreja Nova (AL), Bacillariophyta (26 spp.) em Igreja Nova (AL) e Brejo Grande (SE) e Cyanobacteria (11 spp) no município de Penedo (AL) (Figura 1 e Tabela 1). Houve o aparecimento de uma nova espécie de rodofícea microscópica (*Glaucosphaera vacuolata*) nos municípios de Pão de Açúcar-AL, Traipu-AL, Igreja Nova-AL, Propriá-SE e Brejo Grande-SE e praticamente o desaparecimento de espécies de *Euglena* sp., onde esteve presente apenas no município de Igreja Nova-AL, sendo a maioria dessas espécies, indicadores de ambientes eutrofizados. Esse fato pode ter ocorrido com o aumento da vazão do São Francisco (2020).

Em todas as amostras analisadas foram observados uma maior predominância de Chlorophyta e Bacillariophyta (Tabela 1). Porém, houve uma diminuição na riqueza de espécies, em cerca de 30% do número de táxons, quando comparados aos estudos realizados na II Expedição. Possivelmente com a diferença da vazão de 1.300 m<sup>3</sup>/s (2019) para aproximadamente 2.600 m<sup>3</sup>/s (2020), houve uma enorme alteração na comunidade fitoplânctonica, com tendência ao surgimento de espécies que se adaptam a um aporte maior de nutrientes (cianobactérias e algas filamentosas). Persistindo na diminuição e aumento na vazão e despejos indiscriminados de efluentes domésticos, o ambiente sofrerá consequências, tais como, o surgimento de cianobactérias potencialmente tóxicas (*Cylindrospermopsis raciborskii*, *Lyngbia* sp., *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria* sp.) e a presença de algas verdes filamentosas que pode indicar ambientes eutrofizados (*Spirogyra* sp., *Oedogonium* sp., *Stigeoclonium* sp.).

Figura 1. (A) Riqueza de espécies e desvio padrão e (B) distribuição percentual do fitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN), (PE)

Penedo-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (PR) Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (BG) Brejo Grande-SE, FOZ (Foz do São Francisco).



**Tabela 1.** Riqueza de espécies do fitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN), (PE) Penedo-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (PR) Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (BG) Brejo Grande-SE, FOZ (Foz do São Francisco), (-) dados não existentes. \*diferenças significativas pelo Wilcoxon (*Wilcoxon pairwise*) ( $P < 0.05$ ).

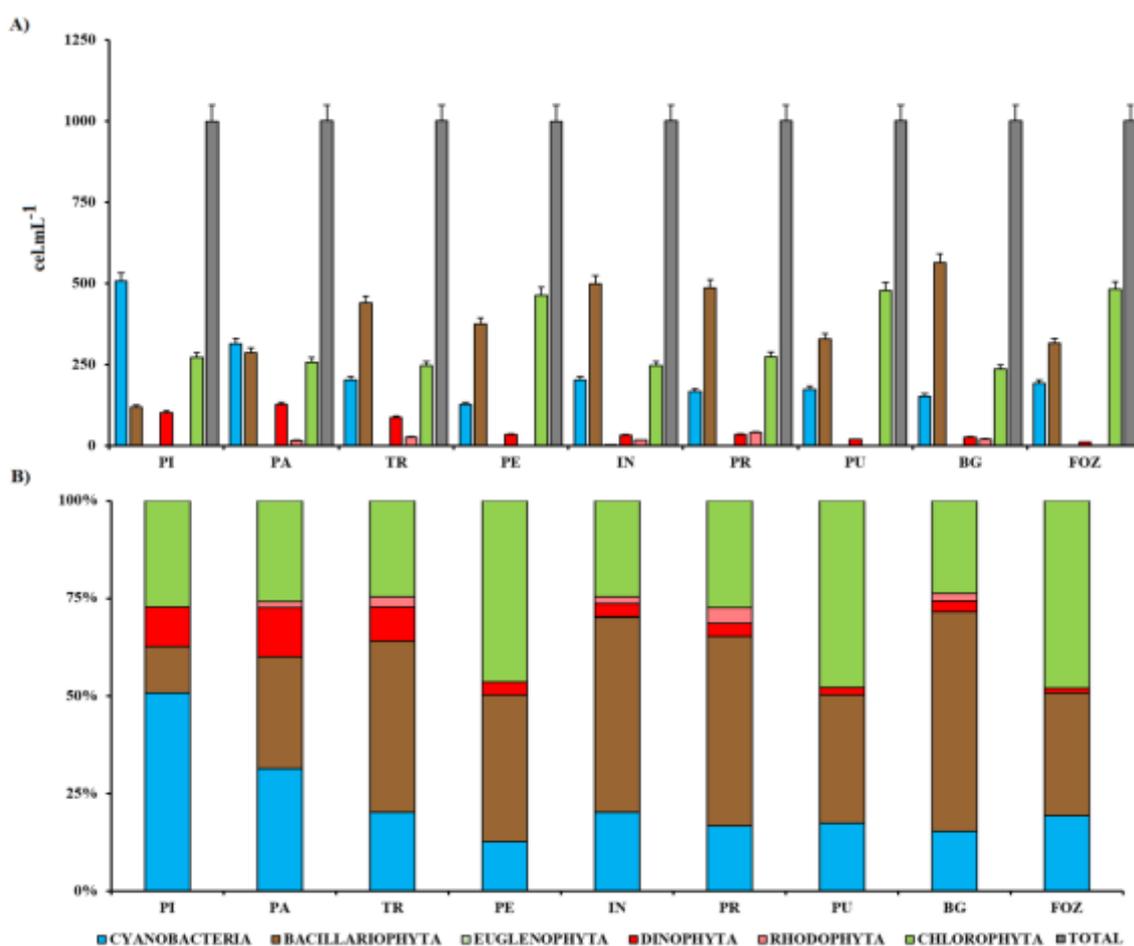
DIVISÃO	PI	PA	TR	PE	IN	PR	PU	BG	FOZ
CYANOBACTERIA	10	8	7	11	10	7	9	7	6
BACILLARIOPHYTA	17	18	18	20	26	22	22	26	20
EUGLENOPHYTA	-	-	-	-	1	-	-	-	-
DINOPHYTA	3	2	2	2	2	2	2	2	3
RHODOPHYTA	-	1	1	-	1	1	-	1	-
CHLOROPHYTA	15	23	25	22	31	23	22	23	19
TOTAL	45	52	53	55	71	55	55	59	48
ANOVA	Sum of sqrs				df	MS	F		P
	4719.2				8	943.841	196		*

Estudos referentes a comunidade fitoplânctônica em ambientes aquáticos tropicais demonstram que clorófitas e diatômicas constituem um grupo importante dentro deste

ecossistema, por apresentarem altas taxas de reprodução e a capacidade de adaptação em diversos nichos ecológicos, principalmente sob os aspectos físico-químicos da água. De com a CETESB (2005) quando ocorre uma dominância e abundância de clorófitas e/ou diatomáceas, com valores entre  $> 1000$  e  $< 5000$  cel.mL<sup>-1</sup>, a qualidade da água é classificada de razoável a boa, demonstrando que o ambiente está em equilíbrio e considerada própria para o consumo e lazer humano.

Em relação a densidade oscilou de 2 cel.mL<sup>-1</sup>, na divisão Euglenophyta (amostra de Igreja Nova-AL) a 508 cel.mL<sup>-1</sup> na divisão Cyanobacteria (amostra de Piranhas) (Figura 2 e Tabela 2).

**Figura 2.** (A) Densidade de células (cel.mL<sup>-1</sup>) e (B) distribuição percentual (%) do fitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN), (PE) Penedo-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (PR) Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (BG) Brejo Grande-SE, FOZ (Foz do São Francisco).



**Tabela 2.** Densidade de células (cel.mL<sup>-1</sup>) do fitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN), (PE) Penedo-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (PR)

Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (BG) Brejo Grande-SE, FOZ (Foz do São Francisco), (-) dados não existentes. \*diferenças significativas pelo Wilcoxon (*Wilcoxon pairwise*) ( $P < 0.05$ ).

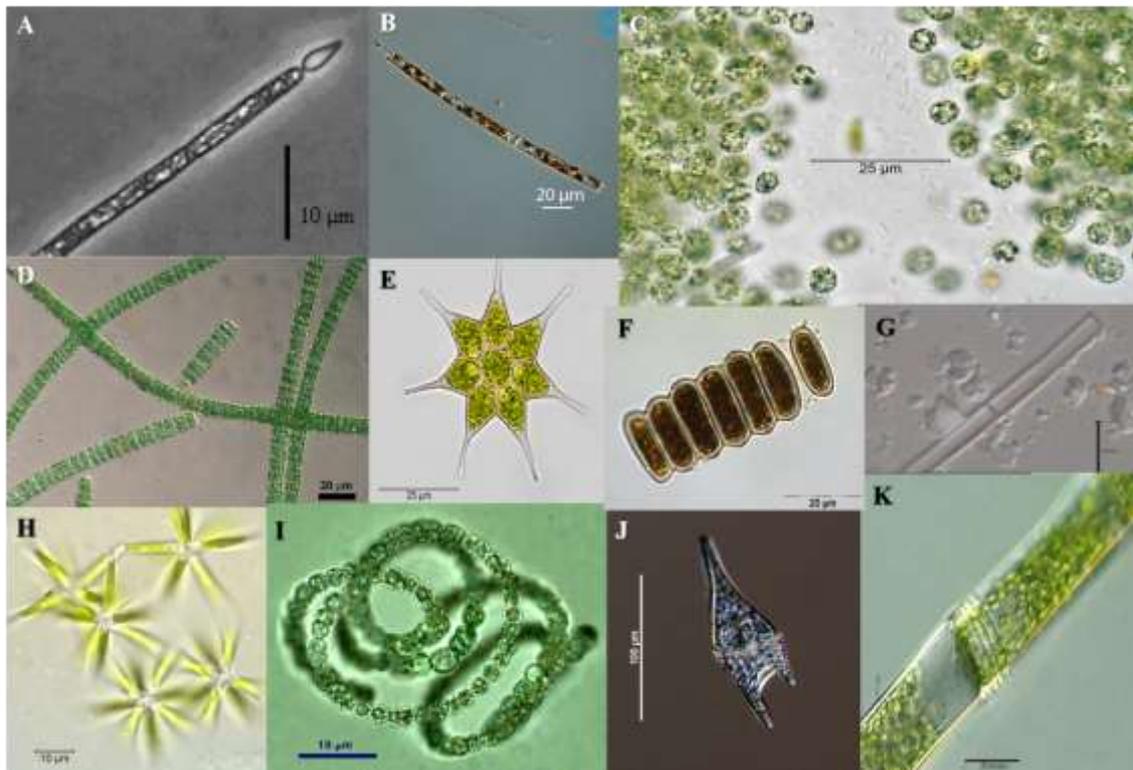
DIVISÃO	PI	PA	TR	PE	IN	PR	PU	BG	FOZ	
CYANOBACTERIA	508	314	202	127	202	166	174	153	193	
BACILLARIOPHYTA	118	286	439	375	499	486	329	563	315	
EUGLENOPHYTA	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
DINOPHYTA	102	126	86	34	33	34	19	27	11	
RHODOPHYTA	-	16	27	-	17	40	-	20	-	
CHLOROPHYTA	272	258	246	464	247	274	478	237	481	
TOTAL	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
ANOVA	Sum of sqrs			df		MS		F		P
	1.25185E06			8		250370		27.08		*

Apesar de uma diminuição na densidade de células, devido ao aumento da vazão e possivelmente os organismos ainda não terem se estabelecidos no ambiente, algumas espécies consideradas potencialmente tóxicas, principalmente nas amostras coletadas em Piranhas-AL e Pão de Açúcar-AL, antes e após a captação de água e despejos de efluentes, dentre elas, podemos destacar: *Cylindrospermopsis raciborskii* (58,8%), *Microcystis aeruginosa* (36%), *Anabaena spiroides* (22,8%) e espécies biondicadoras de ambientes eutróficos: *Aulacoseira granulata* (45,9%), *Arthrospira platensis* (31%), *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (26%), *Actinastrum hantzschii* (25,4%), *Ceratium furca* (19,9%), *Oedogonium* sp. (18,7%) e ambientes acidificados: *Pediastrum simplex* (31%) e *Scenedesmus ellipticus* (18,5%) e ver Tabelas em anexos).

Durante o período estudado foram observadas espécies dominantes, que influenciaram na densidade de células, na abundância relativa, diversidade e equitabilidade: *Cylindrospermopsis raciborskii* (58,8%), *Aulacoseira granulata* (45,9%), *Microcystis aeruginosa* (36%), *Arthrospira platensis* (31%), *Pediastrum simplex* (31%), *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (26%), *Actinastrum hantzschii* (25,4%), *Anabaena spiroides* (22,8%), *Ceratium furca* (19,9%), *Oedogonium* sp. (18,7%) e *Scenedesmus ellipticus* (18,5%) (Figura 3).

**Figura 3.** Principais espécies do fitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe) presentes nas amostras coletadas na III Expedição (2020). (A) *Cylindrospermopsis raciborskii*, (B) *Aulacoseira granulata*,

(C) *Microcystis aeruginosa*, (D) *Arthrospira platensis*, (E) *Pediastrum simplex*, (F) *Scenedesmus ellipticus*, (G) *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, (H) *Actinastrum hantzschii*, (I) *Anabaena spiroides*, (J) *Ceratium furca*, (K) *Oedogonium* sp.



Dentre as espécies do fitoplâncton identificadas durante o período de estudo, foram consideradas muito frequentes (MF) as espécies que estiveram presentes em mais de 70% das amostras analisadas: *Actinastrum hantzschii*, *Anabaena spiroides*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Arthrospira platensis*, *Aulacoseira granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *Ceratium furca*, *C. fusus*, *C. lineatum*, *Chroococcus dispersus*, *C. limneticus*, *Closterium moniliferum*, *Coelastrum microporum*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella tumida*, *Dolichospermum circinale*, *Epithemia adnata*, *E. zebra*, *Eudorina elegans*, *Fragilaria crotonensis*, *F. virescens*, *Frustulia rhomboides*, *Glaucosphaera vacuolata*, *Gomphonema olivaceum*, *Gonatozygon brebissonii*, *Gyrosigma acuminatum*, *Hyalotheca dissiliens*, *Kirchneriella elongata*, *K. obesa*, *Meridion circulare*, *Micractinium pusillum*, *Microcystis aeruginosa*, *Microspora* sp., *Monoraphidium contortum*, *Nitzschia fruticosa*, *N. hungarica*, *Odontella aurita*, *Oedogonium braunii*, *O. sp.* *Oscillatoria curviceps*, *Pediastrum duplex*, *P. simplex*, *Phormidium* sp., *Pinnularia gibba*, *P. sp.*, *P. viridis*, *Rhopalodia gibba*, *Scenedesmus bijugus*, *S. ellipticus*, *Spirogyra* sp., *S. sp1.*, *S. sp2.*, *Staurastrum johnsonii*, *S.*

*leptocladum*, *S. sebaldi*, *Surirella elegans*, *S. guatemalensis*, *S. robusta*, *Terpsinoë musica*, *Tryblionella hungarica*, *Ulnaria ulna* e *Volvox aureus* (ver Tabelas em anexos).

Após as análises do fitoplâncton III Expedição (2020), observamos que a diversidade (média a alta diversidade) e equitabilidade (equitativos) estiveram em equilíbrio, quando comparados a expedição anterior (II Expedição/2019). Quando a diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J') são considerados de baixos valores de acordo com seus índices estabelecidos, refletirá em um desequilíbrio populacional fitoplanctônico, ao qual está ligado diretamente na abundância de células e na dominância de poucas espécies.

Sumário completo dos dados de riqueza, abundância relativa (%), frequência de ocorrência (%) e dos índices ecológicos (diversidade de Shannon, Equitabilidade e Dominância encontram-se nas Tabelas em anexos - ver Tabelas em anexos).

## CONCLUSÃO

Diante da importância ecológica, o fitoplâncton é considerado um dos melhores indicadores da qualidade biológica da água, sendo bastante utilizado na classificação do estado trófico de massas d'água, principalmente quando são avaliadas a abundância (%), riqueza e dominância, a intensidade e frequência de florações fitoplanctônicas (*blooms*), tornam-se essenciais para o manejo e gerenciamento dos sistemas hídricos visando à proteção do manancial, e requer conhecimentos sobre a atuação desses organismos que influenciam diretamente na qualidade da água.

Através dos resultados obtidos nessa III Expedição em comparação com a II Expedição, ainda foi possível observar que as Chlorophyta (algas verdes) e Bacillariophyta (diatomáceas) estiveram com maior riqueza de espécies, abundância e densidade de células, aos quais dominaram em praticamente todos os pontos de amostragem, porém, com diminuição de espécies desses dois grupos e o surgimento de uma espécie de rodofíceas e o desaparecimento de espécies de euglenofíceas. Porém, foi possível observar que espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, *Anabaena spiroides*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Lyngbya* sp., e *Microcystis aeruginosa*, estiveram presentes em abundância de células, principalmente nos locais de captação e despejos de efluentes domésticos, causam enormes prejuízos a toda a cadeia trófica aquática.

Quando são observados altos valores com relação a abundância e densidade de cianobactérias em ambientes aquáticos, pode estar intimamente associada a condições eutróficas, causando prejuízos ao manancial e oferecendo riscos à saúde pública,

investimentos elevados na implantação de Estação de Tratamento de Água (ETA), além do risco de bioacumulação de toxinas em peixes, crustáceos e bivalves, torna-se impróprias para o consumo humano.

Com o aumento da vazão entre as expedições de 2019 (1.300 m<sup>3</sup>/s) e de 2020 (2.600 m<sup>3</sup>/s), ocorreu uma enorme alteração na comunidade fitoplânctonica, com tendência ao surgimento de espécies que se adaptam melhor a maior disponibilidade de nutrientes (cianobactérias e algas verdes filamentosas). Persistindo nessa mudança na vazão e despejos indiscriminados de efluentes domésticos, o ambiente sofrerá enormes consequências, com o surgimento de cianobactérias potencialmente tóxicas.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA; AWWA; WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington, D.C., 2005.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMAREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 3: Oscillatoriales. **Algological Studies**, v. 80, n. 1/4, p. 327-472, 1988.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMAREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophyta, 5: Stigonematales. **Algological Studies**, v. 59, p. 1-73. 1990

BOURRELLY, P. 1970. **Lês Algues d' Eau Douce: Initiation à la Systématique**. v.3: Les et rouges Les Euglenies, Peidiniens et Cryptomonodines. Paris, N. Boubee.

BUCHEIM, M. A.; MICHALOPULOS, E. A.; BUCHHEIM, J. A. Phylogeny of the Chlorophyceae with special reference to the Sphaeropleales: a study of 18S and 26S rDNA data. **Journal of Phycology**, v. 37, p. 819-935, 2001.

CÂMARA, F. R. A.; LIMA, A. K. A. & CHELLAPPA, N. T. Diversidade da comunidade fitoplanctonica do canal do Pataxo, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 21-22, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Norma Técnica L5.303: Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio)**. São Paulo, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. Brasília: CETESB, 2011. (Relatório Técnico).

COSTA, I. A. S.; CUNHA, S. R. S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M. F. F.; MELO, J. L. S.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 382-401, 2009.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011.

ESTEVEZ, K. E.; SANT'ANNA, C. L. Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo. São Carlos: **RiMa**, p. 37-116, 2006. 240p.

- GOULART, M. D.; CALLISTO, M., Bioindicadores de Qualidade de Água como Ferramenta em Estudos de Impacto Ambiental, **Revista da FAPAM 2.1**, p. 153-164, 2003.
- GUIRY, M.D.; G.M. GUIRY. **Algae Base: Worldwide electronic publication**. National University of Ireland, Galway. 2014. <http://www.algaebase.org> (acessado em 3 de julho de 2020).
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, 2001. 9pp.
- KOMAREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales**. Pp. 1-548. In: Ettl, H.; Gartner, G.; Heynigh, H. & Mollenhauer, D. (Eds.). *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Jena-Stuttgart-Lubeck-Ulm. 1998.
- KOMAREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota 2. Oscillatoriales**. Pp. 1-759. In: Bridel, B.; Krienitz, L.; Gartner, G.; Schargerl, M. (Eds.), *Oscillatoriales. Subwasserflora von Mitteleuropa*. Munchen, Elsevier GmbH. 2005.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estruturas comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Biologia Marina**, v. 22, p. 1-29. 1986.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press. New Jersey. 1988. 179p.
- MORENO, J. L.; LICEA, S.; SANTOYO, H. **Diatomeas del Golfo de California**. 1 ed. Mexico. Universidad Autonoma de Baja California Sur, SEP-FOMES, PROMARCO. 1996.
- PANOSSO, R. F.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L.; CUNHA, S. R. S.; GOMES, F. C. F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 433-449, 2007.
- PARRA, O. O.; BICUDO, C. E. M. 1995. **Introduccion a la Biologia y Sistemica de las Algas de Aguas Continentales**. Santiago, Andes.
- PIELOU, E. C. **Mathematical Ecology**. John Wiley & Sons Incorporated, New York, 1977.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 8ª Ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan. 2014. 876p.
- REYNOLDS, C. S. **Ecology of phytoplankton**. Cambridge, Cambridge University Press. 2006
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. 1990. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. New York, Cambridge University Press.
- SHANNON, C. E.; Weaver, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press. 1963. 173 p.
- SHOUBAKY, G. A., Comparison of the Impacts of Climate Change and Anthropogenic Disturbances on the El Arish Coast and Seaweed Vegetation After Ten Years in 2010, North Sinai, Egypt, **Oceanologia**, v. 55, n. 3, p. 663-685, 2013.

STREBLE, H.; KRAUTER, D. **Atlas de los microorganismos de agua dulce: la vida en una gota de agua.** Barcelona, Omega. 1987.

VALENTIN, J. L. 2000. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos.** Rio de Janeiro, Interciência.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1995. **Algae: An introduction to phycology.** Cambridge, Cambridge University Press.

## TABELAS ANEXAS

**Tabela A.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Piranhas-AL (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (PI 1) região de Alagoas, (PI 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PI 3) região de Sergipe, (PI 4) antes da captação d'água, (5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	PI 1	PI 2	PI 3	PI 4	PI 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	9,7	4,5	16,0	16,5	12,9	<b>MF</b>
Anabaenopsis raciborskii Woloszynska	1,8		5,4			<b>PF</b>
Aphanizomenon flos-aquae Ralfs ex Bornet & Flahault			0,8			<b>E</b>
Arthrospira platensis Gomont	10,0	<b>31,0</b>	2,7		1,8	<b>MF</b>
Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann				3,1		<b>E</b>
Cuspidothrix tropicalis (Horecká & Komárek) Rajaniem, Komárek, Willame, Hrouzek, Kastovská, Hoffmann & Sivonen				11,5		<b>E</b>
Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju					<b>58,8</b>	<b>E</b>
Lyngbia sp.			0,8			<b>E</b>
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	13,6	<b>36,0</b>	16,0	19,5	2,4	<b>MF</b>
Oscillatoria curviceps Agardh ex Gomont	1,2	3,2	1,4	1,5		<b>MF</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	6,0	4,5	1,8	0,4	3,5	<b>MF</b>
Bellerochea malleus (Brightwell) Van Heurck			0,3			<b>E</b>
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg	0,3		0,2	0,4		<b>F</b>
Eunotia monodon Ehrenberg			0,6			<b>E</b>
Fragilaria virescens Ralfs	3,9	0,5	0,2	0,8		<b>MF</b>
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst				0,4		<b>E</b>
Hydrosera triquetra Wallich	2,0	0,5		0,4		<b>F</b>
Melosira octogona Schmidt	1,5					<b>E</b>
Navicula lanceolata Ehrenberg	0,2					<b>E</b>
Nitzschia graeffii Grunow ex Cleve	1,1					<b>E</b>
Nitzschia hungarica Grunow		0,2		0,4		<b>PF</b>
Odontella aurita (Lyngbye) Agardh			3,4	1,9	0,6	<b>F</b>
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg			3,0	2,3		<b>PF</b>
Pleurosigma angulatum (Quekett) Smith	0,3					<b>E</b>
Pleurosira laevis (Ehrenberg) Compère	0,2		0,2			<b>PF</b>
Terpsinoë musica Ehrenberg	4,1	0,2	0,8	0,8	0,6	<b>MF</b>
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	0,2		0,3	0,4	0,6	<b>MF</b>

**DINOPHYTA**

Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	14,3	8,9		<b>19,9</b>	5,3	<b>MF</b>
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin	0,5	1,5	1,9	0,8		<b>MF</b>
Peridinium bipes Stein			0,2	0,4		<b>PF</b>

**TÁXONS****CHLOROPHYTA**

	<b>PI 1</b>	<b>PI 2</b>	<b>PI 3</b>	<b>PI 4</b>	<b>PI 5</b>	<b>F.O</b>
	<b>AR</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	
Actinastrum hantzschii Lagerheim	0,3		5,0	4,2	1,2	<b>MF</b>
Closterium acutum Brébisson				0,8		<b>E</b>
Coelastrum reticulatum (Dangeard) Senn				0,8		<b>E</b>
Desmodesmus brasiliensis (Bohlin) Hegewald			0,3			<b>E</b>
Eudorina elegans Ehrenberg	2,4	1,2	0,8			<b>F</b>
Kirchneriella diana (Bohlin) Comas	0,5	0,2			2,4	<b>F</b>
Oedogonium braunii Kützing ex Hirn	5,3	1,5	16,0	2,7	5,9	<b>MF</b>
Pediastrum boryanum (Turpin) Meneghini	0,2		3,8			<b>PF</b>
Pediastrum duplex Meyen	11,6		11,2	5,4	1,8	<b>MF</b>
Pediastrum simplex Meyen		2,2				<b>E</b>
Spirogyra sp.1	0,3					<b>E</b>
Spirogyra sp.2	1,1		0,3			<b>PF</b>
Staurastrum leptocladum Nordstedt	4,8	3,0	4,6	3,8	2,4	<b>MF</b>
Staurastrum sebaldi Reinsch	2,0	0,5	1,9	0,8		<b>MF</b>
Volvox aureus Ehrenberg	1,1	0,2	0,0	0,4		<b>F</b>
Diversidade de Shannon (H')	2,72	1,84	2,60	2,43	1,57	
Equitabilidade (J)	0,81	0,64	0,78	0,74	0,59	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,09	0,24	0,10	0,13	0,37	

**Tabela B.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Pão de Açúcar (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (PA 1) região de Alagoas, (PA 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PA 3) região de Sergipe, (PA 4) antes da captação d'água, (PA 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	7,8	2,7	0,7	<b>22,8</b>	9,6	<b>MF</b>
Aphanocapsa delicatissima West & West	6,1		2,4		2,4	<b>F</b>
Aphanocapsa planctonica (Smith) Komárek & Anagnostidis	3,2					<b>E</b>
Chroococcus limneticus Lemmermann	6,1	11,2	11,6	5,5	8,8	<b>MF</b>
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	10,2	11,2	11,6	15,7	<b>35,2</b>	<b>MF</b>
Oscillatoria limosa Agardh ex Gomont	0,4		1,0	0,8		<b>F</b>
Gloeocapsa sp.		1,5				<b>E</b>
Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont	0,4	0,1				<b>PF</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	10,2	11,2	11,6	1,6	0,8	<b>MF</b>
Aulacoseira granulata var. angustissima (Müller) Simonsen	10,2	11,2	11,6			<b>F</b>
Campylodiscus noricus Ehrenberg ex Kützing	0,1		0,1			<b>PF</b>
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	0,2		0,2			<b>PF</b>
Epithemia zebra (Ehrenberg) Kützing	0,4	0,1		4,7	1,6	<b>MF</b>
Fragilaria crotonensis Kitton	2,3	3,4	1,6	0,8		<b>MF</b>
Fragilaria virescens Ralfs				0,8		<b>E</b>
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni	0,6		0,3	0,8		<b>F</b>
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Ehrenberg	0,1			1,6	0,8	<b>F</b>
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,1					<b>E</b>
Hydrosera whampoensis (Schwarz) Deby	1,4	2,7	1,0			<b>F</b>
Meridion circulare (Greville) Agardh	0,2	0,2	0,1	0,8		<b>MF</b>
Nitzschia fruticosa Hustedt			0,2	5,5	4,0	<b>F</b>
Surirella guatemalensis Ehrenberg	0,4	0,1	0,1	1,6	0,8	<b>MF</b>
Surirella robusta Ehrenberg	0,8	0,2	0,2	0,8		<b>MF</b>
Terpsinoë musica Ehrenberg	2,6	2,7	1,9	0,0	1,6	<b>MF</b>
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli	0,4		0,1	2,4	1,6	<b>MF</b>
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	0,1	0,1	1,0	0,8		<b>MF</b>
<b>DINOPHYTA</b>						
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	4,2	0,4	0,7	5,5	3,2	<b>MF</b>
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve	10,2	11,2	11,6	5,5	5,6	<b>MF</b>
<b>RHODOPHYTA</b>						

Glaucosphaera vacuolata Korshikov

TÁXONS						1,5	2,4	PF
	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5			
	AR	AR	AR	AR	AR	F.O		
<b>CHLOROPHYTA</b>								
Actinastrum hantzschii Lagerheim	0,8	0,4	1,0	3,1	1,6		MF	
Ankistrodesmus fusiformis Corda				0,8	0,8		PF	
Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs		0,2	0,7				PF	
Coelastrum microporum Nägeli	0,3	0,4	0,1		0,8		MF	
Cosmarium margaritatum (Lundell) Roy & Bisset			0,2				E	
Desmidium baileyi (Ralfs) Nordstedt		0,2					E	
Dimorphococcus lunatus Braun		0,2					E	
Eudorina elegans Ehrenberg	1,1	1,0	3,4	0,8	1,6		MF	
Kirchneriella elongata Smith			0,1				E	
Kirchneriella lunaris (Kirchner) Möbius	0,3	0,1					PF	
Kirchneriella obesa (West) West & West	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8		MF	
Micractinium pusillum Fresenius	0,5	1,1					E	
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová in Fott		0,4		1,6	2,4		F	
Pediastrum argentinense Bourrelly & Tell		0,1	0,1	-	-		PF	
Pediastrum simplex Meyen	10,2	11,2	11,6	11,0	8,0		MF	
Scenedesmus bijugus (Turpin) Lagerheim	0,3			0,8	1,6		F	
Spirogyra sp.	1,4	1,0	0,6				F	
Staurastrum aculeatum Meneghini ex Ralfs	0,1	0,2					PF	
Staurastrum johnsonii West & West	2,0	3,0		0,8	0,8		MF	
Staurastrum leptocladum Nordstedt	3,4	7,1	7,8		3,2		MF	
Staurastrum sebaldi Reinsch		1,5	1,3		1,6		F	
Volvox aureus Ehrenberg	0,3	0,4	0,6		0,8		MF	
Xanthidium antilopaeum Kützing		0,2					E	
Diversidade de Shannon (H')	2,90	2,73	2,69	2,66	2,47			
Equitabilidade (J)	0,80	0,76	0,76	0,81	0,77			
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,07	0,09	0,09	0,11	0,16			

**Tabela C.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Traipu (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (TR 1) região de Alagoas, (TR 2) região entre Alagoas e Sergipe, (TR 3) região de Sergipe, (TR 4) antes da captação d'água, (TR 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	0,3	1,0	1,0	2,0		MF
Chroococcus limneticus Lemmermann	16,3	8,9	12,4	12,2	14,5	MF
Merismopedia elegans Braun ex Kützing		0,7				E
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	6,7	6,0	7,3			F
Oscillatoria limosa Agardh ex Gomont	0,2			2,0	1,3	F
Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont		0,1	0,3			PF
Phormidium sp.	0,3		0,3			PF
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	16,3	13,9	13,8			F
Aulacoseira granulata var. angustissima (Müller) Simonsen	16,3	13,9	11,3			F
Coscinodiscus sp.	1,1	2,2	1,2			F
Epithemia zebra (Ehrenberg) Kützing		0,3		4,1	2,6	F
Fragilaria crotonensis Kitton	1,0	1,3	1,7			F
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni	0,8	0,3	0,6		2,6	MF
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Ehrenberg	0,7		0,4	4,1	3,9	MF
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,2		0,1		1,3	F
Hydrosera whampoensis (Schwarz) Deby		0,3	0,6			PF
Meridion circulare (Greville) Agardh	0,2		0,1			PF
Nitzschia fruticosa Hustedt	1,1	1,1	2,5	18,4	11,8	MF
Pinnularia sp.	0,7	1,0	1,2		2,6	MF
Surirella guatimalensis Ehrenberg	0,3	0,3				PF
Surirella linearis Smith		0,6	0,6			PF
Surirella robusta Ehrenberg	0,2	1,0	0,3		1,3	MF
Terpsinoë musica Ehrenberg		0,6	0,1			PF
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli	0,7	1,4	1,0	4,1	3,9	MF
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	8,0	7,4	6,5			F
<b>DINOPHYTA</b>						
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann				2,0	1,3	PF
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve	3,4	12,1	10,1	4,1	3,9	MF
<b>RHODOPHYTA</b>						
Glaucosphaera vacuolata Korshikov	3,8	1,9	2,2		6,6	MF

TÁXONS	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CHLOROPHYTA</b>						
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	2,3	2,2	2,8	6,1	1,3	<b>MF</b>
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	0,2	0,1	0,1			<b>F</b>
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,7	0,1	0,1			<b>F</b>
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	0,5	0,1	0,4			<b>F</b>
<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,2		0,1			<b>PF</b>
<i>Dimorphococcus lunatus</i> Braun	0,2		0,1			<b>PF</b>
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	0,3	1,1	3,3			<b>F</b>
<i>Kirchneriella elongata</i> Smith		0,3	0,6		2,6	<b>F</b>
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	0,2		1,7	2,0		<b>F</b>
<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & West	0,5	0,1	0,6			<b>F</b>
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	0,5	0,1	1,0	2,0	2,6	<b>MF</b>
<i>Microspora</i> sp.	0,8	0,6	0,6		2,6	<b>MF</b>
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová in Fott	0,2	0,1		6,1	5,3	<b>MF</b>
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat	0,2		0,4			<b>PF</b>
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	0,2	0,3				<b>PF</b>
<i>Pediastrum argentinense</i> Bourrelly & Tell		0,1	0,1			<b>PF</b>
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	10,3	11,8	8,1	18,4	<b>18,4</b>	<b>MF</b>
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	0,3			8,2	5,3	<b>F</b>
<i>Scenedesmus crassus</i> Chodat		0,1				<b>E</b>
<i>Spirogyra</i> sp.	1,0	0,6	0,6		1,3	<b>MF</b>
<i>Staurastrum johnsonii</i> West & West	0,3	0,6	0,4	2,0	1,3	<b>MF</b>
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	2,1	4,4	2,9	2,0	1,3	<b>MF</b>
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	0,2	1,1	0,6			<b>F</b>
<i>Stauroidesmus convergens</i> (Ehrenberg ex Ralfs) Lillieroth	0,3					<b>E</b>
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	0,2		0,3			<b>PF</b>
Diversidade de Shannon (H')	2,90	2,73	2,69	2,66	2,47	
Equitabilidade (J)	0,80	0,76	0,76	0,81	0,77	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,07	0,09	0,09	0,11	0,16	

**Tabela D.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Penedo (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (PE 1) região de Alagoas, (PE 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PE 3) região de Sergipe, (PE 4) antes da captação d'água, (PE 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	0,4	0,2	0,8			F
Aphanizomenon flos-aquae Ralfs ex Bornet & Flahault	0,8	2,4	1,7		1,9	MF
Aphanocapsa planctonica (Smith) Komárek & Anagnostidis		0,4				E
Arthrospira platensis Gomont	5,8	5,6	0,8			F
Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann	2,3	7,3	0,4	1,8	8,0	MF
Dolichospermum circinale (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek				0,9	1,9	PF
Eucapsis densa Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková				0,9		E
Meridion circulare (Greville) Agardh	1,9	0,6	0,4			F
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	0,4	0,2	0,4	1,8	1,4	MF
Oscillatoria curviceps Agardh ex Gomont		0,6		0,5		PF
Pseudanabaena catenata Lauterborn		1,9				E
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	5,4	4,7	11,8	<b>45,9</b>	0,5	MF
Bellerochea malleus (Brightwell) Van Heurck			0,8			E
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg		0,7	3,0		0,9	F
Epithemia adnata (Kützing) Brébisson	2,3	1,5	1,3	3,2	3,3	MF
Fragilaria virescens Ralfs	0,8	1,1	0,8			F
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,8			0,5	0,9	F
Navicula elegans Smith	0,4		1,3	0,9		F
Nitzschia fruticosa Hustedt				3,2	11,3	PF
Nitzschia hungarica Grunow	1,2	1,3	2,1	1,8	1,9	MF
Odontella aurita (Lyngbye) Agardh	6,6	1,9	9,3	0,5	0,5	MF
Pinnularia alpina Smith				0,0	9,9	E
Pinnularia gibba (Ehrenberg) Ehrenberg				5,0		E
Pinnularia major (Kützing) Rabenhorst	3,1					E
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg	0,4	1,7	0,8		0,5	MF
Surirella elegans Ehrenberg	1,6	0,6	0,0			PF
Surirella linearis Smith		0,6	0,0			E
Surirella robusta Ehrenberg			4,2		0,5	PF
Surirella tenera Greg	1,6					E
Terpsinoë musica Ehrenberg	1,6	0,4	1,3	0,5		MF

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	7,4	9,2	12,7	6,4	3,8	<b>MF</b>
	<b>PE 1</b>	<b>PE 2</b>	<b>PE 3</b>	<b>PE 4</b>	<b>PE 5</b>	<b>F.O</b>
<b>TÁXONS</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	<b>AR</b>	
<b>DINOPHYTA</b>						
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	2,7	4,3	3,8	1,8	0,9	<b>MF</b>
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin	0,8	0,2	0,8			<b>F</b>
<b>CHLOROPHYTA</b>						
Actinastrum hantzschii Lagerheim	11,7	11,0	9,3	1,4	<b>19,2</b>	<b>MF</b>
Asterococcus limneticus Smith		2,6				<b>E</b>
Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs		0,7				<b>E</b>
Coelastrum reticulatum (Dangeard) Senn		0,9	0,4			<b>PF</b>
Cosmarium quadrum Lundell		0,4				<b>E</b>
Desmidium baileyi (Ralfs) Nordstedt		0,4	1,7			<b>PF</b>
Desmodesmus brasiliensis (Bohlin) Hegewald				1,4	1,9	<b>PF</b>
Desmodesmus communis (Hegewald) Hegewald		0,4				<b>E</b>
Desmodesmus maximus (West & West) Hegewald		0,2			0,5	<b>PF</b>
Eudorina elegans Ehrenberg		0,4	0,8			<b>PF</b>
Gonatozygon brebissonii De Bary				0,9	1,9	<b>PF</b>
Kirchneriella diana (Bohlin) Comas		0,2			2,8	<b>PF</b>
Oedogonium sp.	4,3	<b>18,7</b>	0,8	0,9		<b>MF</b>
Pediastrum duplex Meyen	31,9	12,3		1,4		<b>F</b>
Pediastrum simplex Meyen			12,2	8,3	<b>16,4</b>	<b>F</b>
Scenedesmus ellipticus Corda			10,1	3,7	3,8	<b>F</b>
Sphaeroszoma laeve (Nordstedt) Thomasson	0,4	0,2				<b>PF</b>
Spirogyra sp1.			0,8	3,2	2,8	<b>F</b>
Spirogyra sp2.	1,9	1,9	3,0		0,5	<b>MF</b>
Staurastrum leptocladum Nordstedt	1,6	2,1	1,7	2,8	1,9	<b>MF</b>
Staurastrum rotula Nordstedt		0,4				<b>E</b>
Staurastrum sebaldi Reinsch		0,2	0,4	0,5	0,5	<b>MF</b>
Diversidade de Shannon (H')	2,55	2,85	2,84	2,25	2,67	
Equitabilidade (J)	0,77	0,78	0,83	0,69	0,81	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,14	0,09	0,08	0,23	0,10	

**Tabela E.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Igreja Nova (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (IN 1) região de Alagoas, (IN 2) região entre Alagoas e Sergipe, (IN 3) região de Sergipe, (IN 4) antes da captação d'água, (IN 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	IN 1	IN 2	IN 3	IN 4	IN 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	0,7	0,3	0,2			F
Aphanizomenon flosaquae Ralfs ex Bornet & Flahault					6,7	E
Aphanocapsa delicatissima West & West	1,2					E
Aphanocapsa grevillei (Berkeley) Rabenhorst	0,7					E
Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann					2,7	E
Chroococcus limneticus Lemmermann	9,0	10,8	10,1			F
Dolichospermum circinale (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek					2,7	E
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	13,4	4,0	10,1			F
Oscillatoria limosa Agardh ex Gomont	0,1	0,1				PF
Phormidium sp.	0,1	0,2	1,6			F
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	13,4	10,8	10,1			F
Aulacoseira granulata var. angustissima (Müller) Simonsen	13,4	10,8	10,1			F
Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve			0,4			E
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck		0,3	0,2			PF
Epithemia adnata (Kützing) Brébisson				3,7	6,7	PF
Epithemia zebra (Ehrenberg) Kützing	2,3	2,3	4,5			F
Fragilaria crotonensis Kitton	0,1	0,7	0,5			F
Fragilaria virescens Ralfs			0,1			E
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni	1,5	2,8	1,9	3,7		MF
Gomphonema gracile Ehrenberg		0,2	0,4			PF
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Ehrenberg	0,1	1,1	0,9			F
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,1		0,1		1,3	F
Hydrosera whampoensis (Schwarz) Deby	0,5	0,2	0,3			F
Meridion circulare (Greville) Agardh	0,4	0,7	0,2		1,3	MF
Navicula lanceolata Ehrenberg				3,7	2,7	PF
Nitzschia fruticosa Hustedt	3,5	3,0	3,3	3,7	12,0	MF
Nitzschia hungarica Grunow				3,7	1,3	PF
Odontella aurita (Lyngbye) Agardh				14,8		E
Pinnularia gibba (Ehrenberg) Ehrenberg	0,9	4,9	2,1		5,3	MF
Rhopalodia gibba (Ehrenberg) Müller		0,1	0,3			PF

<i>Surirella guatimalensis</i> Ehrenberg	0,5	0,3	0,7			F
TÁXONS	IN 1	IN 2	IN 3	IN 4	IN 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	1,5	1,2	1,3			F
<i>Surirella spiralis</i> Kützing		0,2	0,1			PF
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	0,4	0,8	0,2			F
<i>Tryblionella hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	1,9	3,8	4,3			F
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	5,3	10,8	7,7	3,7	1,3	MF
<b>EUGLENOPHYTA</b>						
<i>Euglena fusca</i> (Klebs) Lemmermann		0,1			5,3	PF
<b>DINOPHYTA</b>						
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	0,5	1,5	0,8	3,7	2,7	MF
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	1,2	2,7	2,8	3,7		MF
<b>RHODOPHYTA</b>						
<i>Glaucosphaera vacuolata</i> Korshikov	2,9	1,6	1,0			F
<b>CHLOROPHYTA</b>						
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	2,5	3,8	5,2	3,7	9,3	MF
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda		0,2	0,1			PF
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	1,2	0,2	0,4			F
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	0,1		0,2			PF
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lundell) Roy & Bisset			0,2			E
<i>Desmidium baileyi</i> (Ralfs) Nordstedt		1,0	0,0			E
<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,3	0,1	0,1			F
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) Hegewald	0,1		0,2			PF
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	0,1	0,4	0,6			F
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	0,1		0,1			PF
<i>Gonatozygon brebissonii</i> De Bary				3,7	1,3	PF
<i>Kirchneriella elongata</i> Smith	0,1	0,2	0,6			F
<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & West		0,2				E
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	0,3	1,1	0,6			F
<i>Microspora</i> sp.	0,3	0,8	0,2			F
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat 1897		0,1	0,3			PF
<i>Pediastrum argentinense</i> Bourrelly & Tell	0,1		0,1			PF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		0,1	0,1			PF
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	13,4	10,8	10,1	18,5	20,0	MF
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim		0,5	0,6			PF
<i>Scenedesmus disciformis</i> (Chodat) Fott & Komárek		0,1				E
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda		0,5		18,5	16,0	F
<i>Spirogyra</i> sp1.				11,1		E

Spirogyra sp2.	1,3	1,3	1,5			F
TÁXONS	IN 1	IN 2	IN 3	IN 4	IN 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CHLOROPHYTA</b>						
Staurastrum arctiscon (Ehrenberg ex Ralfs) Lundell	0,1		0,2			PF
Staurastrum gracile Ralfs ex Ralfs	0,4					E
Staurastrum johnsonii West & West	0,9	0,2	0,4			F
Staurastrum leptocladum Nordstedt	1,7	1,6	0,9		1,3	MF
Staurastrum sebaldi Reinsch	1,1		0,4			PF
Staurastrum setigerum Cleve			0,2			E
Stigeoclonium sp.			0,3			E
Diversidade de Shannon (H')	2,84	3,02	3,06	2,37	2,50	
Equitabilidade (J)	0,75	0,78	0,77	0,90	0,86	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,09	0,07	0,07	0,12	0,11	

**Tabela F.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Propriá (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (PR 1) região de Alagoas, (PR 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PR 3) região de Sergipe, (PR 4) antes da captação d'água, (PR 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	PR 1	PR 2	PR 3	PR 4	PR 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	0,3	1,0	0,2	1,1		MF
Aphanocapsa delicatissima West & West				0,7		E
Aphanocapsa grevillei (Berkeley) Rabenhorst			0,3	1,8	1,1	F
Chroococcus limneticus Lemmermann	9,1	2,1	7,4	12,0	11,4	MF
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	11,4	8,3	5,6	2,8	6,3	MF
Oscillatoria limosa Agardh ex Gomont		0,5	0,1		1,7	F
Phormidium sp.	0,1	0,2	0,1	1,4		MF
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	11,4	<b>16,0</b>	11,0	13,8		MF
Aulacoseira granulata var. angustissima (Müller) Simonsen	11,4	<b>16,0</b>		7,4		F
Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve		0,2			1,1	PF
Coscinodiscus sp.	0,9	0,8	2,2			PF
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	0,2		0,7	1,1	1,1	MF
Epithemia zebra (Ehrenberg) Kützing	1,0	0,5	1,0	7,4	13,1	MF
Fragilaria crotonensis Kitton	0,6	0,5	1,0			F
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni	0,8	0,5	1,5	1,8	1,1	MF
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Ehrenberg	0,9	2,9	2,4	7,1	1,7	MF
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,1	0,2	0,1	0,4	1,1	MF
Hydrosera whampoensis (Schwarz) Deby	0,2	0,5	0,3			F
Meridion circulare (Greville) Agardh	0,5	0,5	0,1	0,4	2,3	MF
Nitzschia fruticosa Hustedt	3,8	5,4	4,7	2,8	8,5	MF
Pinnularia sp.	0,6	2,6	3,2	1,8	1,7	MF
Pleurosigma sp.			0,3			E
Rhopalodia gibba (Ehrenberg) Müller	0,1		0,1			PF
Surirella guatemalensis Ehrenberg	0,3	0,3	0,7			F
Surirella linearis Smith	1,4	0,5				PF
Surirella robusta Ehrenberg	2,0	1,0	2,4	1,1	1,7	MF
Terpsinoë musica Ehrenberg		0,2	0,1			PF
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli	3,4	2,9	5,4	8,5	4,0	MF
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	7,3	0,8	9,3	3,9	4,5	MF
<b>DINOPHYTA</b>						

Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	0,5		0,6	0,4		F
TÁXONS	PR 1	PR 2	PR 3	PR 4	PR 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>DINOPHYTA</b>						
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve	3,5	2,4	4,3	0,4	0,6	MF
<b>RHODOPHYTA</b>						
Glaucosphaera vacuolata Korshikov	5,1	2,2	5,2	1,4	2,8	MF
<b>CHLOROPHYTA</b>						
Actinastrum hantzschii Lagerheim	3,8	3,0	2,6	2,5	4,0	MF
Ankistrodesmus fusiformis Corda	0,3	0,6	0,3			F
Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs	0,3	0,6	0,9		1,7	MF
Coelastrum microporum Nägeli	0,2	0,5	0,3			F
Desmidium baileyi (Ralfs) Nordstedt	0,1	0,0	0,7			PF
Desmidium grevillei (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,6	0,5	0,1			F
Desmodesmus armatus (Chodat) Hegewald			0,1		0,6	E
Eudorina elegans Ehrenberg	0,6	0,3	1,1			F
Golenkinia radiata Chodat	0,1	0,2				PF
Kirchneriella elongata Smith	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	MF
Micractinium pusillum Fresenius	0,1	0,2	0,4	0,7	0,6	MF
Microspora sp.	0,3	1,9	2,9	0,7	0,6	MF
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová in Fott			0,1	2,8	3,4	F
Pandorina morum (Müller) Bory	0,2	0,3	0,1			F
Pediastrum simplex Meyen	11,4	13,8	11,0	8,5	14,8	MF
Scenedesmus bijugus (Turpin) Lagerheim	0,3		0,3	1,8	2,8	MF
Spirogyra sp.	1,0	4,6	4,1	2,1	3,4	MF
Staurastrum arctiscon (Ehrenberg ex Ralfs) Lundell	0,1		0,1			PF
Staurastrum johnsonii West & West	0,5	0,8	1,3			F
Staurastrum leptocladum Nordstedt	2,5	2,2	2,0	1,4	0,6	MF
Staurastrum sebaldi Reinsch	0,2	1,4	0,4		1,1	MF
Stauroidesmus convergens (Ehrenberg ex Ralfs) Lillieroth	0,2	0,2	0,1			F
Volvox aureus Ehrenberg			0,2			E
Diversidade de Shannon (H')	2,94	2,89	3,16	2,94	2,92	
Equitabilidade (J)	0,77	0,77	0,81	0,86	0,86	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,08	0,09	0,06	0,07	0,08	

**Tabela G.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Piaçabuçu (Baixo Rio São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (PU 1) região de Alagoas, (PU 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PU 3) região de Sergipe, (PU 4) antes da captação d'água, (PU 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	PU 1	PU 2	PU 3	PU 4	PU 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn			0,4			E
Aphanizomenon flos-aquae Ralfs ex Bornet & Flahault	0,7	0,5	0,4	7,5	4,3	MF
Arthrospira platensis Gomont	14,2	17,4	8,6			F
Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann	4,7	0,7	1,0	11,9		MF
Dolichospermum circinale (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek	0,3		2,4		1,7	F
Eucapsis densa Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková					1,7	E
Komvophoron schmidlei (Jaag) Anagnostidis & Komárek			0,4			E
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	1,4	1,4	1,0			F
Oscillatoria curviceps Agardh ex Gomont			0,3			E
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	14,2	17,4	8,6			F
Bellerochea malleus (Brightwell) Van Heurck	0,1		0,2			PF
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg	0,7	0,2	2,7	1,5	2,6	MF
Cyclotella meneghiniana Kützing	0,3	0,3				PF
Cyclotella nana Hustedt			0,7			E
Epithemia adnata (Kützing) Brébisson	0,6	1,6	0,3	10,4		MF
Euglena gracilis Klebs			0,3			E
Fragilaria virescens Ralfs	0,4	0,3	1,5			F
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni	0,1	0,2	1,1			F
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,1				2,6	PF
Meridion circulare (Greville) Agardh		0,2	0,3			PF
Navicula exigua Gregory	0,7	0,7				PF
Nitzschia fruticosa Hustedt				3,0	7,8	PF
Nitzschia hungarica Grunow	0,4	0,9	0,3			F
Odontella aurita (Lyngbye) Agardh	0,9	2,4	0,7		4,3	MF
Pinnularia gibba (Ehrenberg) Ehrenberg			0,5	4,5	6,9	F
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg			0,3			E
Surirella elegans Ehrenberg	0,6	0,2	4,3		1,7	MF
Surirella linearis Smith			4,3		0,9	PF
Surirella robusta Ehrenberg	0,4	0,3	4,3			F
Terpsinoë musica Ehrenberg		0,2	0,3			PF

Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	7,5	4,2	8,6		6,0	<b>MF</b>
<b>DINOPHYTA</b>						
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	0,7	1,7	2,1	3,0	1,7	<b>MF</b>
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin	0,6	0,3	0,1			<b>F</b>
<b>CHLOROPHYTA</b>						
Actinastrum hantzschii Lagerheim	14,2	6,8	8,6	<b>25,4</b>	9,5	<b>MF</b>
Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs	0,4	0,2	0,6		0,9	<b>MF</b>
Coelastrum microporum Nägeli	0,1	0,2	1,4	1,5	0,9	<b>MF</b>
Cosmarium reniforme (Ralfs) Archer			0,2			<b>E</b>
Gonatozygon brebissonii De Bary	0,3	0,5	0,0	7,5	0,9	<b>MF</b>
Hyalotheca dissiliens Brébisson ex Ralfs	0,3	0,9	0,1		0,9	<b>MF</b>
Kirchneriella diana (Bohlin) Comas			0,2			<b>E</b>
Mougeotia scalaris Hassall	2,4	0,5	8,6			<b>F</b>
Oedogonium sp.	14,2	17,4	8,6			<b>F</b>
Pediastrum duplex Meyen		0,3	8,6	13,4		<b>F</b>
Pediastrum simplex Meyen	14,2	17,4			<b>31,0</b>	<b>F</b>
Pleodorina japonica Nozaki			0,3			<b>E</b>
Scenedesmus ellipticus Corda	0,9	2,1	0,4	6,0	8,6	<b>MF</b>
Sphaerosoma laeve (Nordstedt) Thomasson			0,3			<b>E</b>
Spirogyra sp1.	1,1	1,2	4,3	4,5	2,6	<b>MF</b>
Spirogyra sp2.			0,1		2,6	<b>PF</b>
Staurastrum diacanthum Lemaire			0,4			<b>E</b>
Staurastrum leptocladum Nordstedt	1,4	0,7	1,2			<b>F</b>
Staurastrum sebaldi Reinsch	0,4	0,3				<b>PF</b>
Staurastrum setigerum Cleve		0,2	0,2			<b>PF</b>
Staurastrum trifidum Nordstedt			0,3			<b>E</b>
Volvox aureus Ehrenberg	0,1		0,1			<b>PF</b>
Diversidade de Shannon (H')	2,53	2,43	3,07	2,28	2,48	
Equitabilidade (J)	0,72	0,69	0,80	0,89	0,82	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,11	0,13	0,06	0,13	0,14	

**Tabela H.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na região do município de Brejo Grande (Baixo São Francisco). (AR) Abundância relativa da superfície (%), (BG 1) região de Alagoas, (BG 2) região entre Alagoas e Sergipe, (BG 3) região de Sergipe, (BG 4) antes da captação d'água, (BG 5) após a captação d'água, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	BG 5	F.O
	AR	AR	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>						
Anabaena spiroides Klebahn	0,3	0,1		0,3		<b>F</b>
Aphanocapsa delicatissima West & West	0,1		0,3		1,3	<b>F</b>
Aphanocapsa grevillei (Berkeley) Rabenhorst	0,4	0,1				<b>PF</b>
Chroococcus limneticus Lemmermann	5,2	9,1	8,4	10,0	8,4	<b>MF</b>
Merismopedia tenuissima Lemmermann	0,1		0,1			<b>PF</b>
Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing	3,2	9,1	8,4	1,9	1,0	<b>MF</b>
Phormidium sp.	0,5	0,4	0,6			<b>F</b>
<b>BACILLARIOPHYTA</b>						
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen	12,9	9,1	8,4		13,3	<b>MF</b>
Aulacoseira granulata var. angustissima (Müller) Simonsen	12,9	9,1	8,4	25,1	<b>26,0</b>	<b>MF</b>
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg	0,9	1,0	1,9	0,3		<b>MF</b>
Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck	0,1	0,3	0,3			<b>F</b>
Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg	0,5	0,3	0,3			<b>F</b>
Epithemia zebra (Ehrenberg) Kützing	2,2	3,2	4,6	6,0	5,2	<b>MF</b>
Eudorina elegans Ehrenberg	0,9	1,3	1,8	0,3	0,3	<b>MF</b>
Fragilaria crotonensis Kitton	0,1	1,3	1,1			<b>F</b>
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni	0,6	0,4	1,0	0,6	0,6	<b>MF</b>
Gomphonema gracile Ehrenberg	0,1	0,1				<b>PF</b>
Gomphonema olivaceum (Hornemann) Ehrenberg	0,3	0,1	0,4	1,6		<b>MF</b>
Gomphonema sphaerophorum Ehrenberg				0,3	1,6	<b>PF</b>
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst	0,1	0,5	0,2	0,3		<b>MF</b>
Hydrosera whampoensis (Schwarz) Deby	0,1		0,3			<b>PF</b>
Meridion circulare (Greville) Agardh	0,3	0,1	0,3	0,3		<b>MF</b>
Neidium affine (Ehrenberg) Pfitzer		0,2		0,3		<b>PF</b>
Nitzschia fruticosa Hustedt	7,4	9,1	8,4	7,8	15,3	<b>MF</b>
Pinnularia sp.	2,2	1,7	1,9	1,9	0,6	<b>MF</b>
Rhopalodia gibba (Ehrenberg) Müller	0,3	0,1		0,6	0,6	<b>MF</b>
Surirella guatemalensis Ehrenberg	0,3	0,1	0,6			<b>F</b>
Surirella linearis Smith		0,9	6,1			<b>PF</b>
Surirella robusta Ehrenberg	2,1	0,7	1,9		0,3	<b>MF</b>
Surirella striatula Turpin			0,2		0,6	<b>PF</b>

Terpsinoë musica Ehrenberg		0,2					E
TÁXONS	BG 1	BG 2	BG 3	BG 4	BG 5	F.O	
	AR	AR	AR	AR	AR		
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
Tryblionella hungarica (Grunow) Frenguelli	2,2	1,9		1,9	3,6	MF	
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère	12,9	9,1	8,4	3,4	6,5	MF	
<b>DINOPHYTA</b>							
Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	0,4	0,5	0,5			F	
Ceratium lineatum (Ehrenberg) Cleve	3,2	2,5	2,4	0,3		MF	
<b>RHODOPHYTA</b>							
Glaucosphaera vacuolata Korshikov	2,1	2,6	2,4			F	
<b>CHLOROPHYTA</b>							
Actinastrum hantzschii Lagerheim	6,5	9,1	6,9	3,4	2,3	MF	
Ankistrodesmus fusiformis Corda		0,2				E	
Closterium moniliferum Ehrenberg ex Ralfs	0,6	0,2				PF	
Coelastrum microporum Nägeli	0,3	0,5	0,4			F	
Cosmarium margaritatum (Lundell) Roy & Bisset			0,2			E	
Desmidium baileyi (Ralfs) Nordstedt	0,4	0,1				PF	
Desmidium grevillei (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,3	0,1	0,3			F	
Kirchneriella elongata Smith	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	MF	
Kirchneriella lunaris (Kirchner) Möbius	0,3	0,2			0,3	F	
Kirchneriella obesa (West) West & West	0,4	0,2	0,2			F	
Micractinium pusillum Fresenius		0,3	0,2	0,9	1,9	MF	
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová in Fott		0,1			0,3	PF	
Oocystis lacustris Chodat	0,6	0,2	0,3			F	
Pediastrum argentinense Bourrelly & Tell			0,3			E	
Pediastrum simplex Meyen	12,9	9,1	8,4	23,2	5,2	MF	
Scenedesmus bijugus (Turpin) Lagerheim	0,3	0,1	0,3	4,1	3,6	MF	
Scenedesmus ellipticus Corda				2,8		E	
Spirogyra sp.	0,5	0,2	1,2		0,3	MF	
Staurastrum hexacerum Wittrock	0,3		0,2			PF	
Staurastrum johnsonii West & West	0,1	0,4	0,2	0,3		MF	
Staurastrum leptocladum Nordstedt	0,6	3,6	0,9	1,6		MF	
Staurastrum sebaldi Reinsch	0,6	0,6	0,2			F	
Staurastrum setigerum Cleve	0,1	0,1	0,1			F	
Diversidade de Shannon (H')	2,87	2,93	3,03	2,39	2,43		
Equitabilidade (J)	0,74	0,75	0,79	0,73	0,76		
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,08	0,07	0,06	0,14	0,13		

**Tabela I.** Percentual de distribuição do fitoplâncton na Foz Baixo Rio São Francisco. (AR) Abundância relativa da superfície (%), (FOZ 1) região de Alagoas, (FOZ 2) região entre Alagoas e Sergipe, (FOZ 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico.

TÁXONS	FOZ 1	FOZ 2	FOZ 3	F.O
	AR	AR	AR	
<b>CYANOBACTERIA</b>				
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	0,3	0,7	1,8	MF
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	11,3	12,0	12,6	MF
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	3,5	0,5	1,0	MF
<i>Dolichospermum circinale</i> (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) Wacklin, Hoffmann & Komárek	0,5	0,6	0,3	MF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	11,3	0,5		F
<i>Oscillatoria curviceps</i> Agardh ex Gomont	0,1	0,2		F
<b>BACILLARIOPHYTA</b>				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	11,3	12,0	12,6	MF
<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck	0,2	0,2		F
<i>Biddulphia pulchella</i> Gray	0,3			PF
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	6,1	12,0	12,6	MF
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0,1	1,4	0,8	MF
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0,2		0,1	F
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	1,1	1,6	0,6	MF
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	2,4	0,5	0,1	MF
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	0,5	0,1	0,4	MF
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,1	0,2		F
<i>Navicula elegans</i> Smith		0,1	0,1	F
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	0,2			PF
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	1,2	0,5	0,3	MF
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0,2	0,4		F
<i>Pseudo-nitzschia multiseriata</i> (Hasle) Hasle	0,3			PF
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	0,6	1,4	1,5	MF
<i>Surirella linearis</i> Smith	0,3			PF
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	3,4	1,1		F
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	0,1	0,6	0,1	MF
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	1,7	1,6	0,9	MF
<b>DINOPHYTA</b>				
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann	1,5	0,5	0,3	MF
<i>Ceratium furcoides</i> (Levander) Langhans			0,3	PF
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	0,3	0,1	0,4	MF
<b>CHLOROPHYTA</b>				
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	11,3	12,0	12,6	MF

TÁXONS	FOZ 1	FOZ 2	FOZ 3	F.O
	AR	AR	AR	
<b>CHLOROPHYTA</b>				
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,5			<b>PF</b>
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	1,0	0,2	0,1	<b>MF</b>
<i>Desmidium baileyi</i> (Ralfs) Nordstedt	0,7			<b>PF</b>
<i>Euastrum denticulatum</i> Gay	0,2			<b>PF</b>
<i>Gonatozygon brebissonii</i> De Bary	0,2	0,4	0,4	<b>MF</b>
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Brébisson ex Ralfs	0,2	0,1		<b>F</b>
<i>Micrasterias radiosa</i> Ralfs		0,1	0,1	<b>F</b>
<i>Mougeotia scalaris</i> Hassall		12,0	12,6	<b>F</b>
<i>Oedogonium</i> sp.	11,3	12,0	12,6	<b>MF</b>
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	1,0	1,1		<b>F</b>
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	11,3	12,0	12,6	<b>MF</b>
<i>Radiococcus polycooccus</i> (Korshikov) Kostikov, Darienko, Lukesová & Hoffmann			0,6	<b>PF</b>
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda	1,5	0,8	1,1	<b>MF</b>
<i>Spirogyra</i> sp1.			0,3	<b>PF</b>
<i>Spirogyra</i> sp2.	0,2	0,1		<b>F</b>
<i>Staurastrum diacanthum</i> Lemaire		0,1	0,1	<b>F</b>
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	0,5		0,3	<b>F</b>
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	0,5			<b>PF</b>
Diversidade de Shannon (H')	2,79	2,55	2,41	
Equitabilidade (J)	0,75	0,72	0,70	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,09	0,10	0,11	

Vanildo Souza de Oliveira<sup>1</sup>, Alex Souza Lira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor Doutor, Departamento de Pesca-Universidade Federal Rural de Pernambuco

<sup>2</sup>Mestre em Recursos Pesqueiros

## RESUMO

O presente relatório descreve os dados da III expedição Científica do São Francisco, no que se refere a pesca artesanal. Os impactos da pandemia na atividade pesqueira, impactos do aumento da vazão nas capturas e dados econômicos. Analisa as espécies capturadas com redes de emalhar e contribui para batimetria das cidades de Piranhas até Piaçabuçu. Também são propostas ações para os órgãos gestores.

## INTRODUÇÃO

A expedição foi realizada com a vazão do Rio em torno de 2.880 m<sup>3</sup>/s, portanto com características bem diferentes das condições normais, principalmente nos últimos seis anos. Foram realizadas entrevistas com os presidentes de colônias com o objetivo de avaliar a situação da pesca nessas condições, assim como os impactos causados pela pandemia, no que se refere a comercialização do pescado e geração de renda para os pescadores nesse período.

Outra atividade durante a expedição foi realização da batimetria no percurso traçado pela embarcação. Com o aumento do volume o trajeto de Penedo para a cidade de Piranhas foi mais fácil, uma vez que a navegabilidade foi beneficiada pelo alto volume. Tanto a profundidade como o tipo de fundo, bem como possíveis concentrações de peixes foram registrados em uma ecosonda colorida conectada a um GPS, fornecendo assim também a posição do barco.

## METODOLOGIA

Na captura dos peixes foram usadas redes de emalhar com comprimento de malhas de 35, 40, 45 e 50 mm, com fios de 30 e 35 mm de diâmetro. Os lances foram realizados no período da tarde e recolhimento ao amanhecer. Na batimetria foi utilizado uma ecosonda colorida com frequência de 50 e 200 khz.

## RESULTADOS

De uma forma geral, durante o trajeto foram observados os impactos antrópicos, tais como assoreamento das margens, agora agravados pelo grande volume de água (Figura 1)

Figura 1: Áreas assoreadas nas margens do rio.



Áreas destinadas ao lazer também foram afetadas, uma vez que quando o volume aumentou os bares e comércio que ao longo do tempo, foram sendo construídos nas margens com um rio com menor volume. Assim, Inviabilizando essa atividade econômica em alguns lugares. (Figura 2).

Figura 2: áreas de comércio e turismo inabilidade pela água.



A atividade pesqueira foi afetada em algumas cidades, quando do fechamento do comércio no auge da pandemia. Nem todos os pescadores receberam o auxílio emergência, tendo dificuldade de viabilizar a comercialização do pescado. Todos viram com bons olhos o aumento do volume do rio, pois possibilita uma maior área para a reprodução dos peixes, apesar de alguns pescadores acharem que com o volume maior os peixes desaparecem, porque tem umas áreas maior para se esconder, diminuindo assim a produção pesqueira. Na realidade o volume maior e a invasão das áreas de margens mais baixas formando lagoas, enriquecem de uma forma geral a produção primária contribuindo com uma água mais rica, sendo assim de grande importância principalmente para os peixes jovens (alevinos). Essas áreas alagadas com esse volume gera um local muito importante para a reprodução de certas espécies, por serem calmas e protegidas (Figura 3)

Figura 3: Lagoas formadas nas margens, em função do aumento de vazão.



Esse aumento de vazão consequentemente terá impacto na produção da ictiofauna do rio. Com a água mais rica em nutrientes, possivelmente, nos próximos meses teremos um reflexo na produção pesqueira. Lamentavelmente, não poderemos constatar esse impacto, uma vez que não temos estatística pesqueira que nos possibilite monitorar o aumento da atividade pesqueira em consequência desse aumento de vazão. É fácil localizar nas margens alevinos de varia espécies de peixes (Figura 4).

Figura 4: Cardumes de alevinos nas margens do rio.



A outra atividade que foi impactada foi a piscicultura, tendo sido registrado depoimentos de que o aumento repentino levou alguns tanques de cultivo. No entanto, esse tipo de atividade pode acompanhar o nível, quando do aumento do volume, deslocando os tanques. Essa atividade de cultivo de tilápia (Figura 5) tem bons resultados, uma vez que já tem sua cadeia produtiva já consolidada, rações para toda a fase , assim como a comercialização. É uma solução para a produção de pescado primacialmente quando a pesca artesanal diminui. Além da tilápia outra espécie bastante cultivada é o tambaqui. Essas espécies aparecem em quase todos os mercados públicos de peixes.

As atividades pesqueiras que foram mais registradas são a pesca com redes de emalhar (Figura 6) e covos para captura de camarão (Camarão canela e o Pitu) (Figura 7), onde são usados como iscas bolinhos do farelo de arroz como iscas nos covos (Figura 8). As embarcações são canoas entre três e quatro metros, com motor de rabeta de fácil manobra para as fainas de pesca.

Figura 5: fazenda de tilápia em tanques rede.



Figura 6: Canoa com motor de rabeta, pescando com redes de emalhar.



Figura 7: Canoa com covos para a pesca de camarão.



Figura 8: Bolinhos de farelo de arroz, utilizados como isca nos covos.



As espécies de peixes mais capturadas foram: piau, pirambeba e pacu (Figura 9). Também foram capturadas, em menor quantidade, a xira, tucunaré, oscar e carí. A xira ou curimatã sem dúvida é o peixe mais apreciado no baixo são Francisco, sendo uma das maiores solicitações dos pescadores sobre o programa de repovoamento da CODEVASF.

Figura 9: As três espécies mais capturadas nas redes de emalhar: piau, pirambeba e pacu.



Um dos fatores mais impactantes na atividade pesqueira é a proliferação de macrófitas aquáticas no fundo do rio, que forram todo o fundo impedindo que a rede toque o fundo. As macrófitas também se emalham nas redes, aumentando a visibilidade, dessa forma diminuindo a captura (Figura 10).

Figura 10: Macrófitas aquáticas, emalhamadas nas redes, no recolhimento da rede.



#### ***- Situação da Atividade Pesqueira***

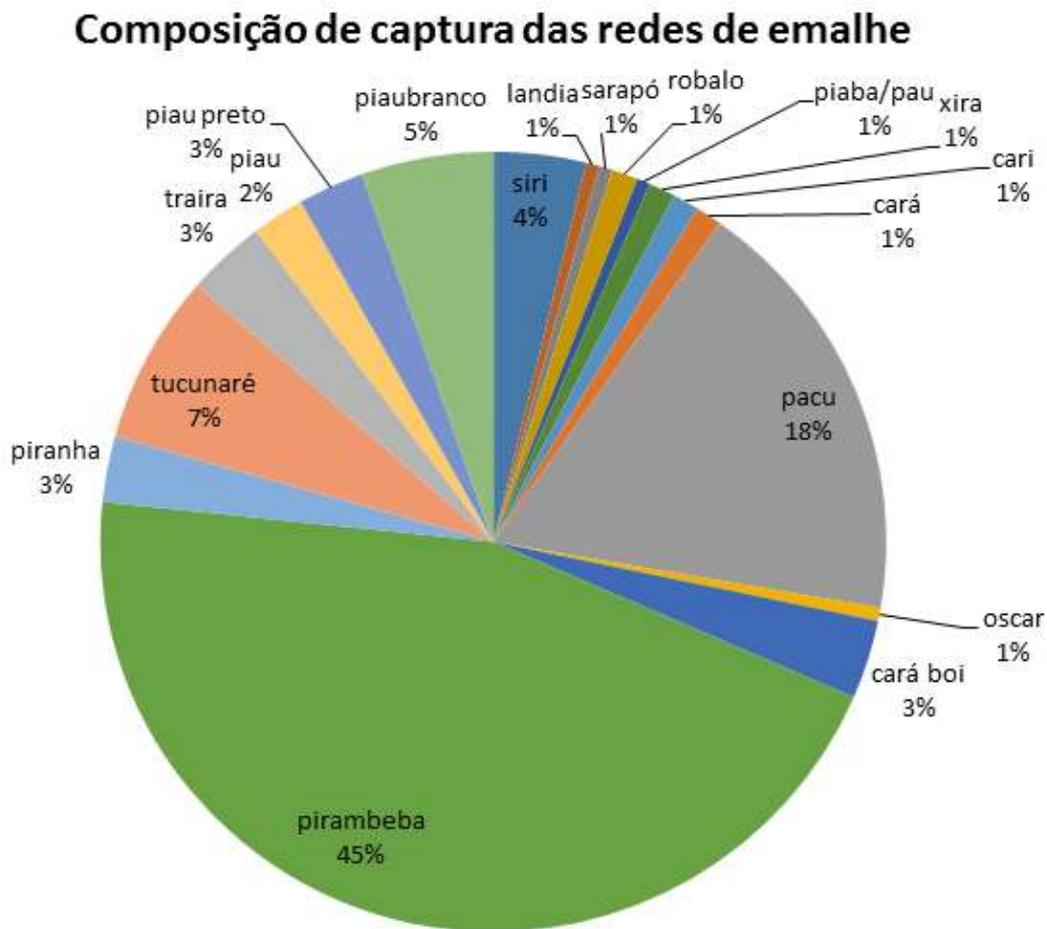
Em função da pandemia os encontros com os presidentes de colônias foram limitados. A pandemia foi uma das causas que afetaram, principalmente na comercialização do pescado. Outra preocupação foi a falta de espécies de valor

econômico que desapareceram do rio, sendo necessário um programa de repovoamento das espécies em um tamanho maior dos alevinos para o aumento da sobrevivência e a participação dos pescadores na escolha da localização desses povoamentos.

### - *Análise das Capturas*

Quando analisamos a presença das espécies em proporção de ocorrência, observamos que 63% da captura é composta apenas por duas espécies de baixo valor econômico: Pirambeba e Pacu (Gráfico 1). O que explica as precárias condições econômicas da maioria dos pescadores.

Gráfico 01: Composição da porcentagem de captura das espécies.



Os peixes de maior valor comercial representam apenas 15% das espécies capturadas. Isso mostra a necessidade dos órgãos governamentais que fazem o repovoamento de peixes, estimular a reprodução de espécies de alto valor econômico, como a Xira, para gerar uma maior renda para os pescadores.

Em função do grande volume do rio, os pescadores explicam a diminuição do pescado devido ao avanço da água inundando a vegetação das margens do rio, criando assim, mais lugares para o peixe se esconder, onde as redes não tem acesso.

Quanto a eficiência de captura das redes de emalhar observamos que o maior número de indivíduos foi capturado nas malhas menores, 35 e 40 mm (Gráfico 2). O que pode significar que a maioria da ictiofauna capturada é composta de peixes que dominam o ambiente com tamanho pequeno como a Pirambeba e o Pacu (67%) da captura.

Gráfico 2: Composição do número de captura nas redes de emalhar, por comprimento de malha.



#### **- Análises Batimétricas por Meio da EcoSSonda**

Em cada ponto marcado, a ecoSSonda registrou: latitude, longitude, profundidade e temperatura da água na superfície. No gráfico do percurso que foi registrado da cidade de Piranhas a cidade de Piaçabuçu, podemos observar que a batimetria demonstra uma tendência de diminuição no sentido da foz. As maiores profundidades foram obtidas próximas a usina de Xingó, devido à grande velocidade da água nessa área, provocando assoreamento no fundo do rio caracterizando essa área com fortes turbulência e redemoinhos. Na medida em que se distancia da represa a batimetria diminui, resultando em uma menor velocidade do rio meandrando até a foz (Gráfico 3). Esse declínio da batimetria também é observado no (Gráfico 4), onde os perfis " a, b e c ", são mostrados em detalhes. Com a diminuição do volume, liberado por Sobradinho, a tendência é que a navegação seja mais preocupante em função da diminuição da profundidade no sentido da foz. Dessa forma, o assoreamento das margens corrobora para cada vez mais essa área diminua seu calado. Ressaltando que esses

dados foram obtidos com 2.800 m<sup>3</sup>/s. Com a continua diminuição do volume atinge diretamente a navegação além dos impactos na ictiofauna.

Gráfico 03: Variação da batimetria em função da coloração e perfil de todo o trajeto, a partir da cidade de Piranhas até Piaçabuçu.

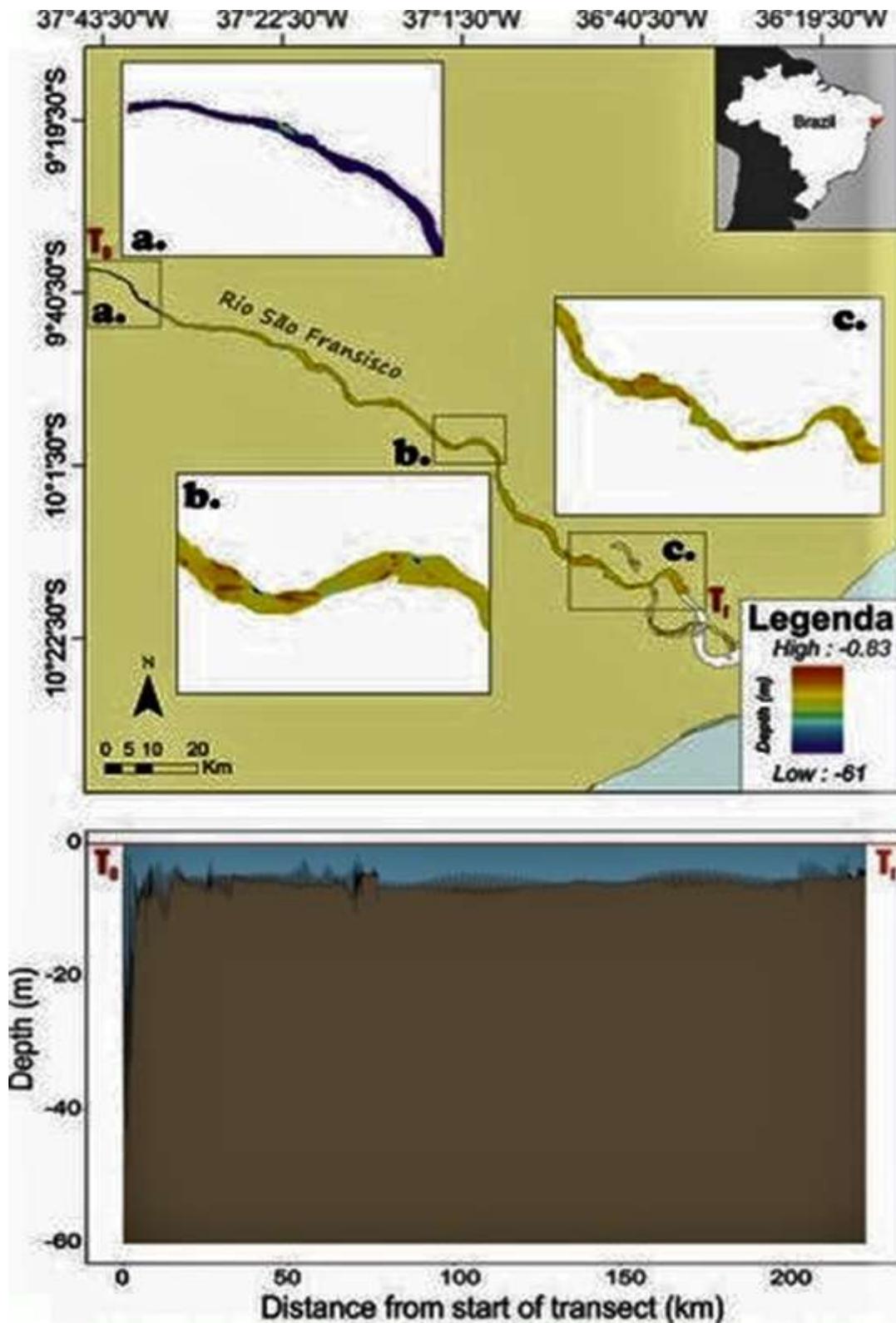
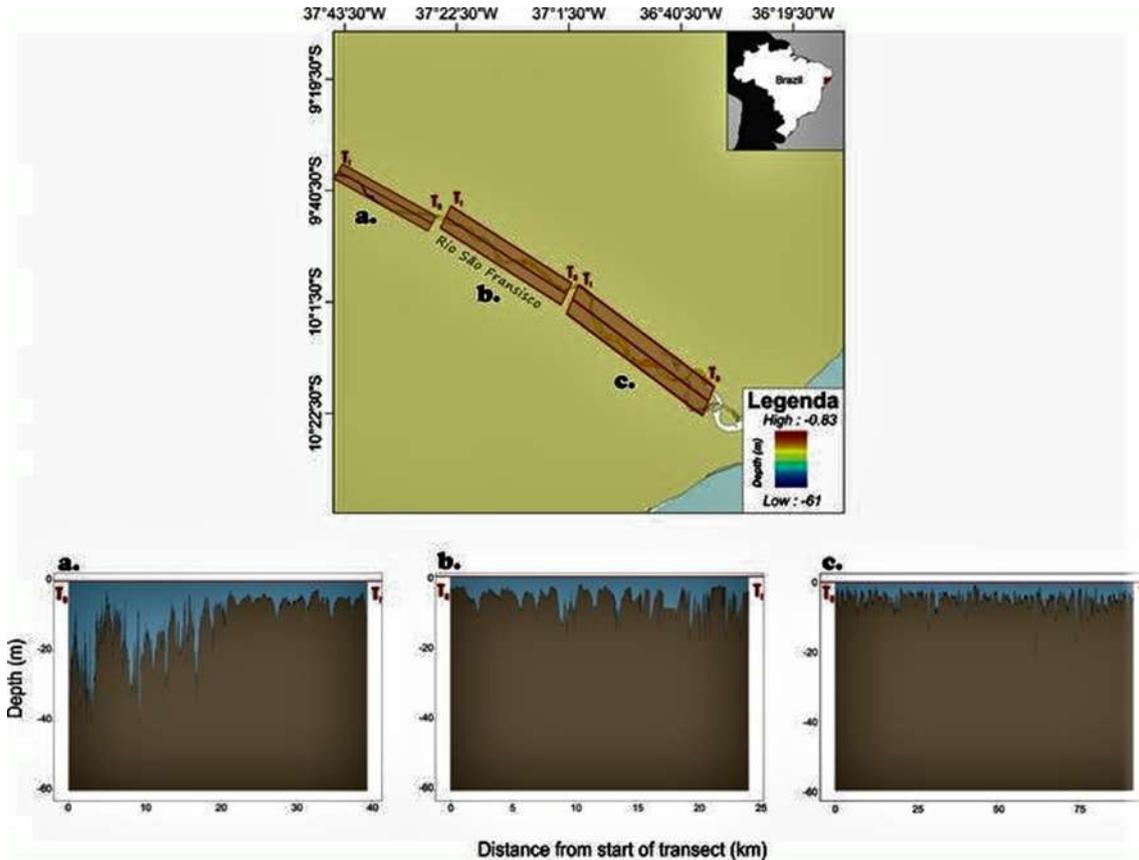


Gráfico 04: Perfil batimétrico detalhado em três áreas, entre as cidades de Piranhas e Piaçabuçu.



#### - Análise dos Dados do Monitor Ecossonda Colorida

As primeiras análises da batimetria, mostram informações interessantes referentes ao comportamento dos peixes, demonstrando haver uma maior atividade noturna do que diurna, isso pode ser explicado pelos fatores como: hábito alimentar e proteção. Com uma água tão transparente, sem sedimentos como a do baixo São Francisco, a atividade noturna parece ser mais segura dos predadores (Figuras 11a e 11b).

As informações da ecossonda, revelam características do fundo do rio com a vazão de 2.800 m<sup>3</sup>/s, ou seja, uma vazão ideal. Alguns aspectos são importantes de registro, como a grande profundidade registrada em frente a cidade de Piranhas, justamente por está próxima da represa a água age com grande força de assoreamento no fundo. Na frente de Piranhas rapidamente alcança-se os 60 metros de profundidade (Figura 12A) com um talude vertical com queda rápida de profundidade (Figura 12B).

Figura 11: Registro de grande atividade de peixes no período noturno (A) e registro de baixa atividade de peixes no período diurno (B).

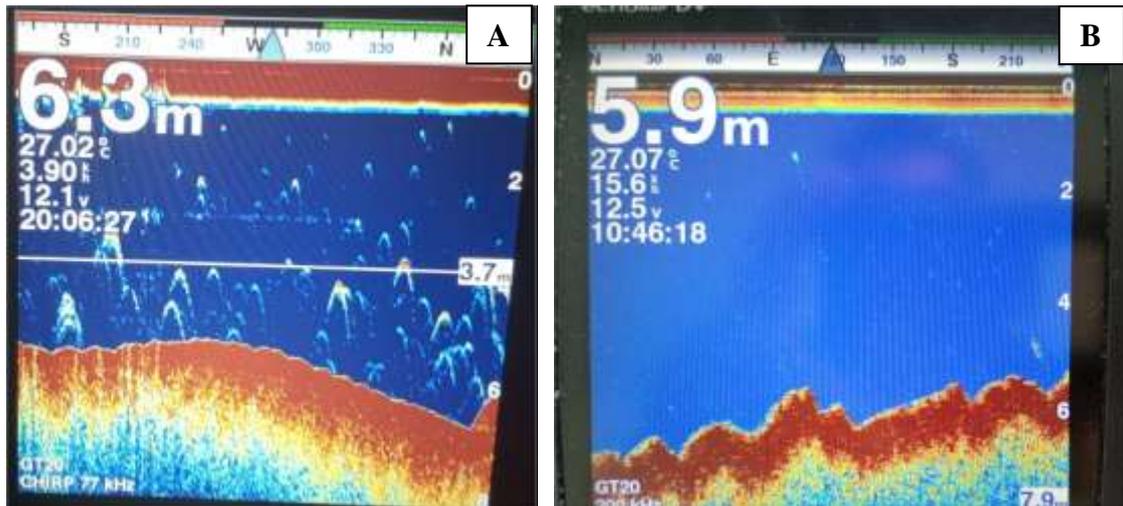
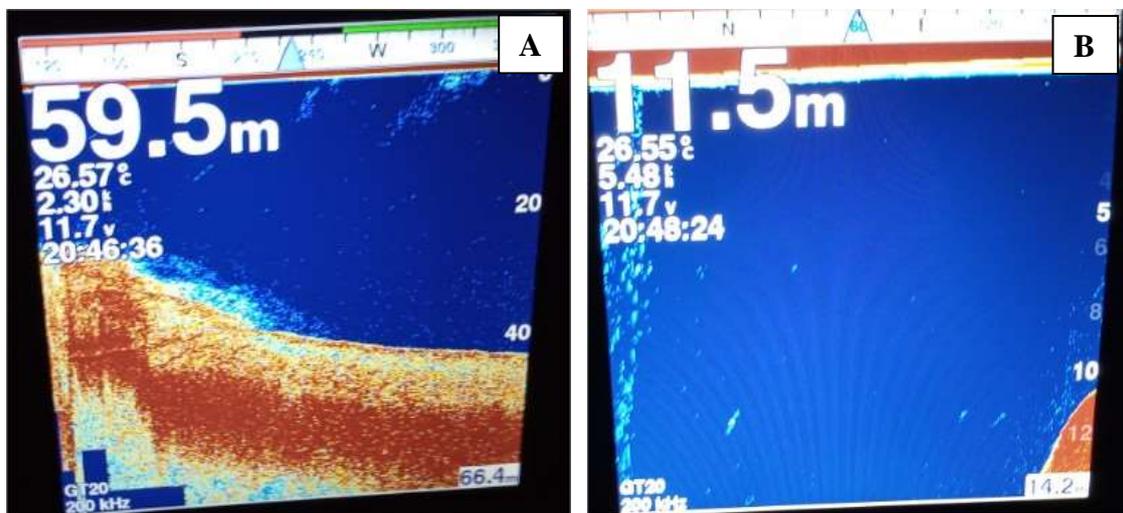


Figura 12: Registro de grande profundidade (A) e talude com subida rápida (B).



Outros aspectos importantes foram os registros dos vórtices (redemoinhos), que podem ser perigosos, principalmente para banhistas e pequenas embarcações (Figuras 13 A e B). No fundo do rio foi também observado várias formações que podem ser sedimentos (areia fina), registrando uma turbulência no fundo do rio (Figuras 13 C e D).

Outros registros importantes foram os “Cabeços”, elevações que podem ser de areia ou pedras, o que torna muito perigoso para a navegação, principalmente as maiores de transporte. Na foto observamos um cabeço a 4,3 m da superfície (Figura 14). Há também registros de “Cabeços” no fundo do rio a 2m e 6m da superfície, respectivamente (Figuras 15 A e B).

Figura 13 - Registros de turbulências geradas no fundo do rio.

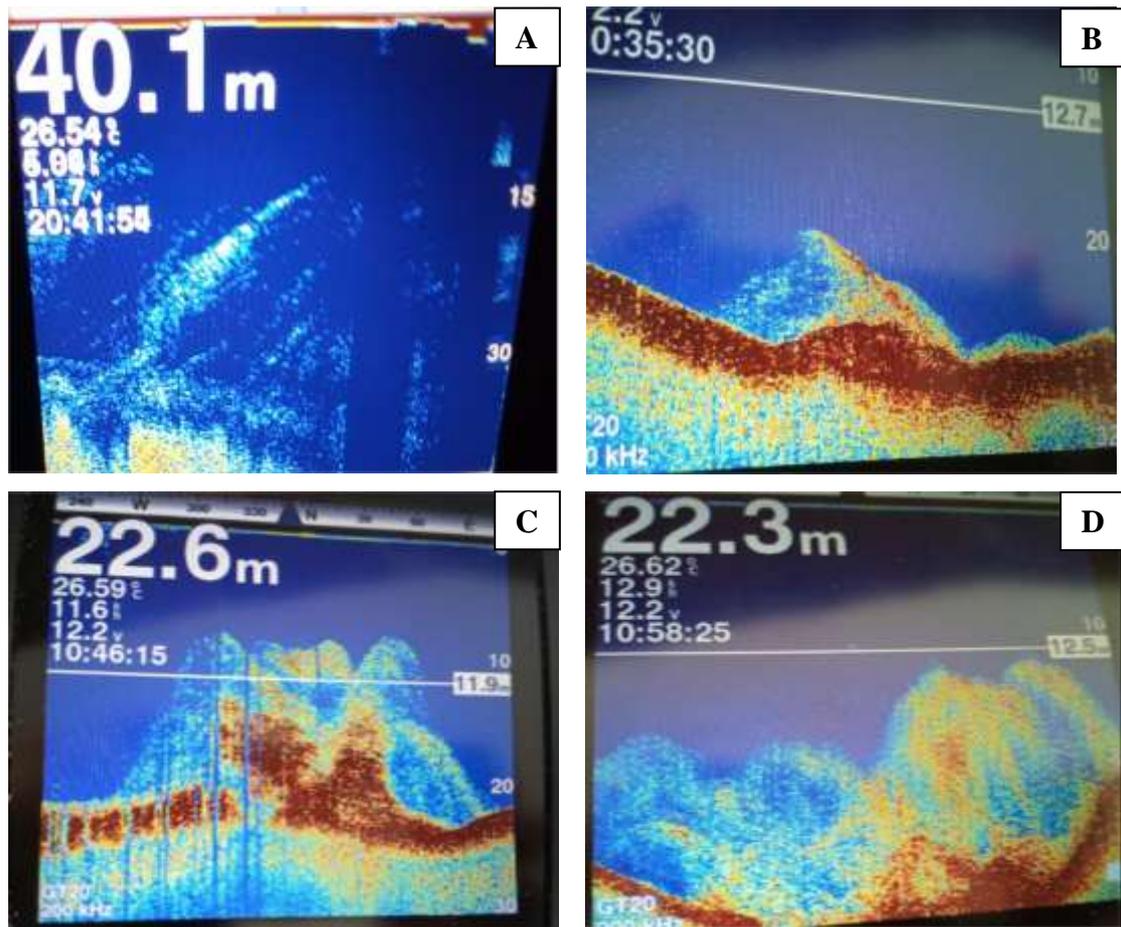


Figura 14: Registro de “Cabeços” no fundo do rio a 4,3 m da superfície.

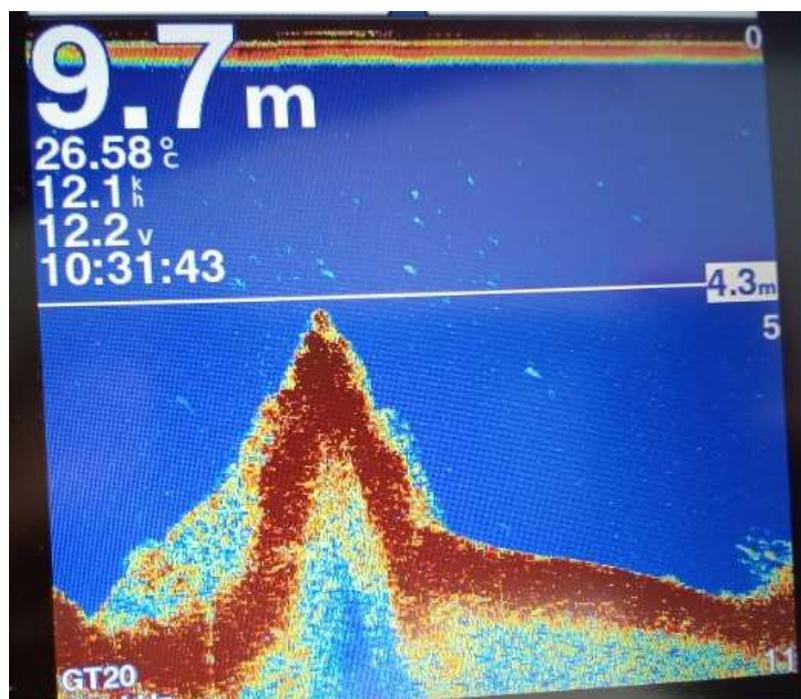
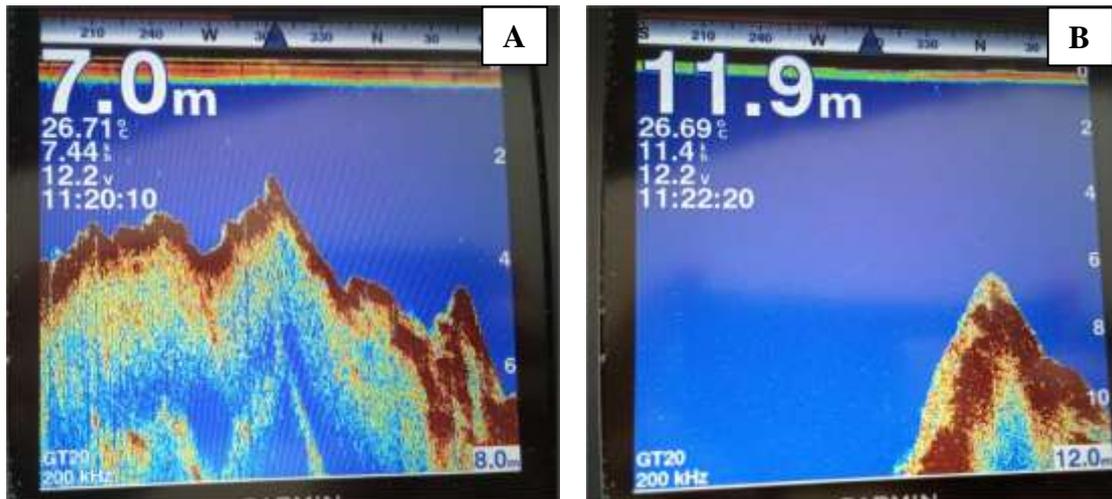
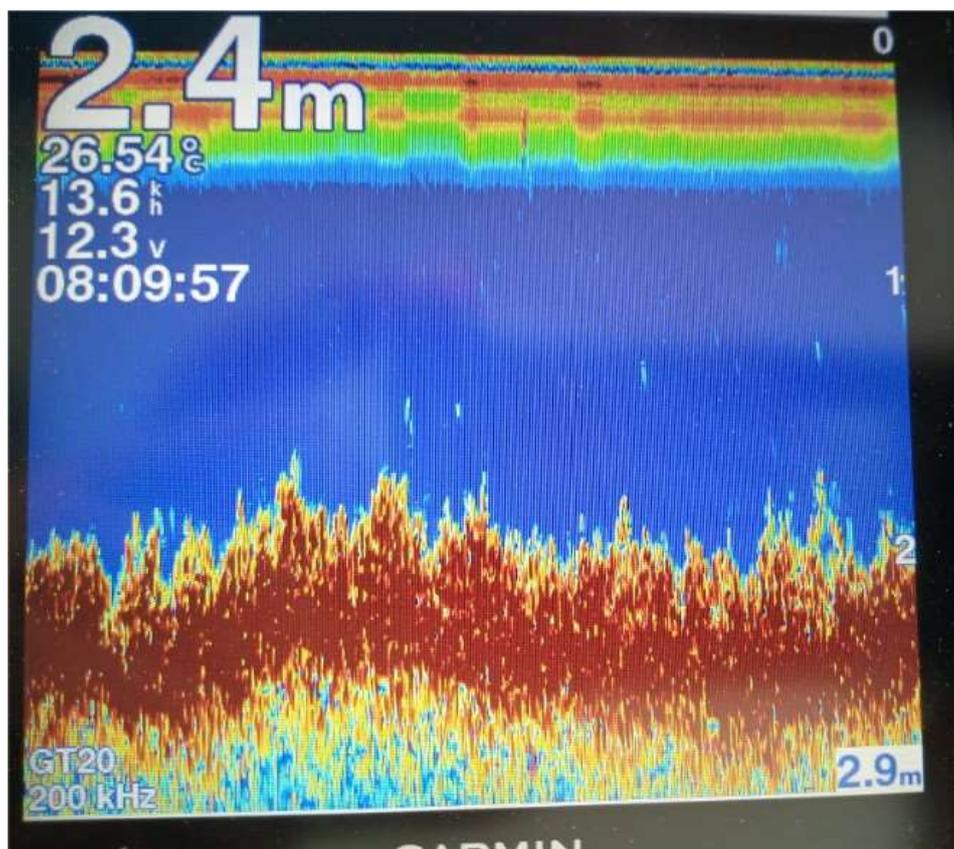


Figura 15: Registro de “Cabeços” no fundo do rio a 2 m e 6 m da superfície, respectivamente.



Um registro importante, foi a alta concentração de macrófitas no fundo do rio (Figura 16), principalmente nas margens, pois modificam o habitat do fundo impactando assim, espécies muitas vezes endêmicas. Também atrapalham a atividade pesqueira, pois as redes não alcançam o fundo, além de danificá-los.

Figura 16: Registro de macrófitas no leito do rio.



## **PROPOSTA PARA AÇÕES PELAS INSTITUIÇÕES DE GESTÃO PÚBLICA NO BAIXO SÃO FRANCISCO.**

- 1- Quanto à gestão dos recursos e atividades pesqueiras, sugere-se que seja criado um consórcio entre as prefeituras do baixo São Francisco - CONPRESF, juntamente com a CODEVASF e Universidades. No sentido de montar uma rede de coletores (profissionais habilitados), para fazer o controle de desembarque pesqueiro (estatística pesqueira), assim como prestar assistência técnica aos pescadores do baixo SF.
- 2- Quanto aos problemas causados pelas macrófitas aquáticas, elas podem ser uma fonte de matéria orgânica aproveitável para várias finalidades, Segundo SOARES (2020), a inserção de macrófitas aquáticas como fertilizantes já vem sendo estudada e desenvolvida em reservatório. O de Santana em Piraí, no Rio de Janeiro, afirma que o uso destas recupera grandes quantidades de nutrientes para o solo, promovendo o crescimento de plantas nativas e cultivadas, possibilitando o seu uso como adubo orgânico. Além disso, o uso da biomassa pode promover expressivos ganhos ambientais e sociais, e também amenizar a parte econômica, garantindo sustentabilidade no processo (CEIVAP, 2012). Segundo Yamauchi (2014), tal método serve de auxílio a solos degradados, já que o mesmo se caracteriza por dispor de baixos índices de nutrientes, matéria orgânica e características físicas, que impossibilita o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, é essencial o discernimento dos atributos químicos destas a serem usufruídos, assim como sua consequência no solo após incorporação. Podendo ser constatado que o acréscimo de matéria orgânica altera de forma positiva a fertilidade do solo, sendo capaz de melhorar as propriedades químicas até mesmo de áreas severamente degradadas. Dessa forma sugere-se a criação de um Projeto Piloto no Baixo São Francisco, com o objetivo de revitalização do solo, no caso o semiárido das margens do rio - Projeto “PRÓ-SOLO”, (EMBRAPA, CODEVASF, UNIVERSIDADES). O projeto piloto trabalharia para revitalizar os solos dos assentamentos de agricultores. Com o acompanhamento dos órgãos de pesquisa. O projeto tem que constar de métodos de extração das macrófitas do rio, que pode ser com uma rede de material sintético com lastros e flutuadores que facilmente cercaria umas áreas e seria puxada para a margem, mecanicamente (tratores das prefeituras), em seguida seria triturado em uma forrageira e transferida em caminhões para os devidos lugares pré-estabelecidos no projeto. O aproveitamento dessas macrofitas, além de ser uma solução para produção agrícola e na atividade pesqueira, seria um grande

benefício na qualidade da água do rio, pois essas macrofitas além de modificar o habitat dos peixes consomem o oxigênio da água.

3 Apesar da variação do volume ter um impacto direto na navegação e ictiofauna do rio, essa regulação é feita pela política de gestão da CHESF, que tem a prioridade de geração de energia.

## **BIBLIOGRAFIA**

SOARES, P. V. P.; FERREIRA, L. R. L.; SANTOS, E. C.; LIMA, M. L. F. *Potencialidade do uso de macrófitas aquáticas como adubo em meios de culturas: solução para redução dos efeitos causados pela eutrofização do rio São Francisco*. Belo Horizonte, III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2020, 8p.

Emerson Carlos Soares<sup>1</sup>; Jucilene Cavali<sup>2</sup>; Elton Lima Santos<sup>1</sup>; Ceilda Inocêncio<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professores, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>2</sup> Professora, Laboratório de Ciência da Carne (LCC-UNIR), Campus Presidente Médici (DZO), Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

<sup>3</sup>Bolsista Iniciação Científica Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

## RESUMO

A avaliação da ictiofauna no Baixo São Francisco é de suma importância e serve de indicador da qualidade dos ecossistemas. Em 2020 foram avaliados aspectos da abundância e diversidade de espécies, biologia reprodutiva e qualidade do músculo dos exemplares capturados. Foi usado a técnica da ultrassonografia na maturidade gonadal e fase ovocitária das espécies em período de defeso no baixo Rio São Francisco, praticando-se a soltura ao ambiente de matrizes em estágio reprodutivo avançado de forma a garantir sua multiplicação. Foi encontrada uma diversidade de 19 espécies, que obtiveram comprimentos médios padrão superior aos valores encontrados em 2018 e similar aos exemplares capturados em 2019. O rendimento muscular do pescado está relacionado a alimentação disponível no rio e convertida quanti-qualitativamente nos tecidos depositados no pescado passíveis a ser avaliado por ultrassonografia assim como as características reprodutivas. Dos indivíduos avaliados, 85% estavam em estágio avançado de maturação, corroborando com o quadrimestre de defeso da pesca de novembro a fevereiro.

## INTRODUÇÃO

### *Ictiofauna do baixo*

A ictiofauna na região do baixo do curso do rio São Francisco é influenciada por uma série de fatores, dentre estes destacam-se o ritmo das vazões da hidroelétrica de Xingó, cada vez mais artificiais e de menor volume, influenciada pelas políticas de flexibilizações, por intermédio de portarias e instruções normativas que visam a geração de energia elétrica, transposição e irrigação.

Adicionalmente a supressão da vegetação ciliar, a vulnerabilidade do solo e a as alterações dos parâmetros físico-químicos da água, que conjuntamente com o assoreamento, mudanças hidrológicas (sistema lótico para lântico), aumento de poluentes,

pressão pesqueira e disputa de territórios proporcionada pelas espécies exóticas e marinhas e de hábito alimentar carnívoro, bem como, a ausência de planejamento urbano nas margens do rio com a especulação imobiliária, trazem danos irreparáveis para as espécies nativas (SILVA ET AL., 2020; DANTAS ET AL., 2020; SOARES ET AL., 2020; FIGUEIREDO ET AL., 2020).

Essas mudanças que atingem as lagoas marginais (berçários naturais de espécies nativas) e as regiões mais próximas a foz, com o aumento da cunha salina, modifica a paisagem e altera os nichos tróficos, modificando o habitat e o tipo de água, tendo consequência direta no ecossistema, através de mudanças na velocidade do fluxo, na produtividade e na disponibilidade de habitats, que tendem a selecionar espécies mais adaptadas às mudanças ambientais, podendo acelerar os processos de extinção local (FIGUEIREDO ET AL., 2020; CRUZ ET AL., 2020).

Quanto a diversidade ictiofaunística no baixo curso do rio, apesar das limitações de estudos sobre a ictiofauna, Marques (1995), trabalhou na região da várzea da Marituba, observando cerca de 21 espécies, com destaque para alguns indivíduos como a curimatã-pacú-*Prochilodus argenteus*, *Megaleporinus obtusidens* (piauí), *Serrassalmus brandtii* (pirambeba), *Pygocentrus piraya* – piranha, *Hoplias* sp., *Centropomus parallelus*- robalo e *Pseudoplatystoma corruscans*- surubim.

Costa et al (2000), em seus estudos delimitou a ocorrência de 33 espécies nos municípios ribeirinhos do baixo São Francisco, com destaque para os piaús – *Leporinus* sp. e *Schizodum* sp., e carapebas – *Eugerres brasiliensis*.

Soares et al. (2011), estudando a microrregião de Penedo- AL (baixo São Francisco), observou a ocorrência de 22 espécies em 2007, 18 espécies em 2008 e 17 espécies em 2009, das quais cerca de cinco representaram em média 80% da biomassa do pescado desembarcado, com destaque para a família Prochilodontidae, representada pela xira ou curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) espécie endêmica da bacia, com percentual médio de 40,0%, seguido da família Anostomidae, tendo os piaús (*Megaleporinus reinhardt* e *Megaleporinus obtusidens*) com 22,0%, alternando-se entre um representante da família Engraulidae, a pilombeta (*Anchoviella vaillanti*) com 7% em 2007 e 18% em 2008 e dois representantes da família Centropomidae, o robalo (*Centropomus undecimalis* e *C. parallelus*) com média de 10% para os três anos analisados, sendo a segunda espécie a mais comum.

Sampaio et al. (2015), estudando a região estuarina do rio São Francisco, afirmou que a ictiofauna era composta predominantemente por indivíduos em ecofase jovem, de

espécies migrantes. Nestes estudos foram determinados 44 Famílias, 117 táxons: 113 na categoria espécie, e quatro, na categoria gênero, sendo 44% marinhas-estuarinas (M-E), 41% dulciaquícolas (D) e 15% marinhas (M).

Nos estudos de Soares et al. (2020), na planície fluviomarinha do Rio São Francisco (microrregião de Penedo e foz) foram coletados 3.772 indivíduos pertencentes a 82 táxons, estando 80 classificados em nível de espécie, sendo descritos 54 novos registros (NR) de espécies para a Bacia do Rio São Francisco, todas associadas aos estuários ou de origem marinha. Nestes mesmos estudos trabalhando em 8 municípios do Baixo São Francisco foi relatado o empobrecimento de exemplares nativos na composição das capturas, com 17 espécies coletadas, constatando o desaparecimento das curimatás-pacús- *P. argenteus* e pilombetas – *Anchoviella* sp.

Já Figueiredo et al. (2020), registrou 37 espécies, 7 ordens, 15 famílias, sendo 20 espécies nativas de água doce, 7 introduzidas e 10 marinhas. A ordem Characiformes foi a mais representativa.

### ***Avaliação reprodutiva e qualidade da carne da ictiofauna***

A ultrassonografia é uma técnica não invasiva que permite a avaliação física do pescado sem a necessidade de abatê-lo. Empregada em pesquisas em todo o mundo devido ao seu caráter não destrutivo, simples, preciso e informatizado, além de possibilitar a análise de amostras visivelmente opacas sem a necessidade de preparações laboratoriais específicas, tem sido comparada a técnica da tomografia computadorizada na eficácia de diagnóstico de algumas patologias em peixes (GUMPENBERGER et al. 2004).

As aplicações do ultrassom na piscicultura abrangem as áreas de reprodução animal, diagnóstico de doenças e avaliação de características de qualidade e rendimento de carcaça, com importância relevante nas pesquisas correlatas (NOVELO; TIERSCH, 2012). No âmbito reprodutivo pela ultrassonografia determina-se a qualidade das matrizes através da maturação gonadal e de ovócitos, fases de ovócitos vitelogênicos e índices gonodossomáticos (CREPALDI; ROTTA 2007). A técnica permite a seleção de esturjões fêmeas 100% maduros para extrusão dos ovócitos, o monitoramento de batimentos cardíacos e comportamento respiratório de filhotes de espécies vivíparas como raias e tubarões.

A técnica possibilita estimar a composição química da carne através das proporções dos tecidos que compõem a carcaça (SANT'ANA, et al 2019); detectar

nematóides na musculatura de peixes e presença de espinhas “y” para programas de melhoramento genético (PERAZZA et al, 2017). Bons rendimentos musculares e de filés relacionam-se a animais bem alimentados com satisfatório ganho de peso corporal; A qualidade física é dada pela textura da carne que envolve tipos e feixes de fibras musculares passíveis pela ultrassonografia e a coloração da carne.

### ***Dados morfométricos da ictiofauna***

Existem dois tipos de morfometria, a morfometria tradicional que consiste em um conjunto de métodos da estatística multivariada que utiliza medidas lineares como comprimentos, larguras, ângulos ou razões obtidas a partir de estruturas dos organismos (Fornel & Cordeiro- Estrela, 2014), e existe a morfometria geométrica que foi descrita por Strauss e Bookstein (1982), que visa detectar sistematicamente as diferenças na forma em direção oblíqua, tal como em direções horizontais e verticais, usando um sistema de medida que geralmente assegura a cobertura uniforme do limite de configuração da espécie e por isso é altamente sensível a mudanças no tamanho e forma do corpo, sendo muito poderosa à descrição morfológica (Rodrigues, 2010).

A morfometria tem o objetivo de levantar informações quantitativas sobre o desenvolvimento do ciclo de produção, sendo importante para tipificar os peixes e padroniza-los.

## **METODOLOGIA**

Os peixes foram capturados por pescadores em duas embarcações com motor de 5 Hp, com uso de malhadeiras com 100 metros e tarrafas de 6 metros, ambas de malha 30, 40 e 50 entre nós opostos, com faina diária de 6 horas. Os exemplares capturados foram identificados, quando possível a nível de ordem, família, gênero e espécie e posteriormente fixados em formol a 10% e após 48 horas fixados em álcool 70%. A identificação das espécies não realizadas no barco-laboratório e a confirmação das demais foram feitas no Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas- Laqua/Ufal, onde estão depositados em frascos de vidro com volume de 2 e 5 litros para montagem de coleção ictiológica da expedição e analisados por literatura especializada.

A morfometria foi realizada através de um paquímetro digital e ictiômetro milimetrado e o peso com o uso de uma balança digital.

As variáveis observadas foram: peso (P), comprimento total (CTO), comprimento padrão (CPA), comprimento do tronco (CTR = CTO - CCA), altura do corpo (ACO),

largura do corpo (LCO), comprimento da cabeça (CCA), altura da cabeça (ACA), comprimento da nadadeira peitoral (CNP), comprimento da nadadeira anal (CNA), altura da nadadeira anal (ANA), diâmetro do olho (DOL), largura da boca (LBO), circunferência (CIM).

Quanto a avaliação da biologia reprodutiva, os espécimes de pescado coletados foram avaliados *in vivo* através da técnica de ultrassonografia e também pela técnica de massagem abdominal (presença de sêmen e ovócitos), conjuntamente com observação da papila urogenital e presença de dimorfismo sexual.

Os peixes amostrados foram capturados nos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Propriá, Neópolis, Penedo e Piaçabuçu, sob protocolo do Comitê de Ética Animal – CEUA número 037/2020 e licença SISBIO.

Cerca de 140 indivíduos foram analisados e determinados pela escala de desenvolvimento ovariano, segundo Vazzoler (1996); Estádio A: imaturo ou virgem, Estádio B: em maturação, estágio C: Maduro, Estádio D: Esvaziado e Estádio E: Repouso.

Por outro lado, 37 exemplares foram avaliados através da ultrassonografia. Para isso, os animais foram acondicionados em caixas com água afim eliminar qualquer interferência do ar na imagem gerada, proporcionando uma maior nitidez e as imagens ultrassonográficas tomadas com probe posicionada a 2cm do peixe. Utilizou-se o ultrassom modelo EXAGO IMV, probes lineares B-Mode em frequências de ondas sonoras entre 5,0 a 10,0 Mhz (detalhes e peixes pequenos) e 2,5 e 5,0 Mhz (peixes grandes). A opção da probe esteve diretamente relacionada a capacidade de reflexão de ondas no tecido do peixe, ao tamanho e composição corporal e a estrutura a ser visualizada.

Foram tomadas imagens da região ventral afim de se identificar a fase de maturação gonadal; e na região dorsal, na altura da nadadeira dorsal, afim de se estimar a avaliação dos rendimentos musculares. Espécimes em estágio avançado de maturação foram devolvidas ao ambiente. Utilizou-se tecnologia prática, não invasiva, portátil e eficiente para a avaliação ictiológica no Rio São Francisco durante a expedição científica.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Ictiofauna coletada nas expedições de 2018-2019-2020***

Durante a expedição foram coletados cerca de 119 exemplares de peixes em 2018 (Tabela 1), 206 exemplares em 2019 (Tabela 2) e 165 exemplares em 2020 (Tabela 3).

Tabela 1. Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2018.

Ordem	Família	Espécie	n	Nome comum
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias microcephalus</i>	8	Traíra - N
	Serrasalminidae	<i>Metynnis maculatus</i>	9	Pacu-disco - N
		<i>Pygocentrus piraya</i>	5	Piranha-preta - N
		<i>Serrasalmus brandtii</i>	11	Pirambeba - N
	Anostomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	4	Piau três pintas - N
		<i>Schizodon knerii</i>	3	Piau-de-vara - N
Prochilodontidae	<i>Prochilodus argenteus</i>	1	Curimatã-pacu - N	
Siluriformes	Ariidae	<i>Cathorops agassizii</i>	10	Bagre-do-mar - M
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	8	Robalo - M
		<i>Centropomus undecimalis</i>	2	Robalo-flecha - M
	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	11	Xáreu - M
	Gerreidae	<i>Eugerres brasiliensis</i>	6	Carapeba - M
		<i>Archosargus probatocephalus</i>	8	Sargo-de-dente - M
	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	14	Tucunaré - I
		<i>Oreochromis niloticus</i>	10	Tilápia-do-nilo - I
	Eletridae	<i>Guavina guavina</i>	5	Amoreia - M
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	4	Baiacu-arara - M

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados.

Em 2020, as espécies mais capturadas, foram: pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), pacu (*Metynnis maculatus*), tucunaré (*Cichla monoculus*), sarapó (*Eingenmannia trilineata*), piranha vermelha (*Pygocentrus piraya*) e traíra (*Hoplias microcephalus*), juntas estas 6 espécies representaram aproximadamente 71% do volume de capturas (Tabela 3).

Como podemos observar, com exceção do pacu (onívoro), há uma predominância de espécies carnívoras e mais sedentárias ou territorialistas, o que é preocupante, pois mostra que as relações tróficas não estão equilibradas, e possivelmente, favorece o aumento da predação de espécies nativas.

A novidade é a descoberta de uma espécie que não havia ainda sido citada em artigos científicos da região. A presença do sarapó da espécie *Eingenmannia trilineata*,

peixe da ordem Gimnotiformes (peixe elétrico), originário da bacia do Rio Paraná-Paraguai, de hábito bentopelágico (FISHBASE) (Figura 1). Contudo, mais estudos serão realizados para fins científicos de comprovação.

Tabela 2. Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2019.

Ordem	Família	Espécie	n	Nome comum
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias microcephalus</i>	2	Traíra - N
	Serrasalminidae	<i>Metynnis maculatus</i>	65	Pacu-disco - N
		<i>Pygocentrus piraya</i>	7	Piranha verdadeira N
		<i>Serrassalmus brandtii</i>	27	Pirambeba - N
	Anostomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	10	Piau três pintas - N
		<i>Schizodon knerii</i>	35	Piau-de-vara - N
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus argenteus</i>	2	Curimatã-pacu - N
Characidae	<i>Colossoma macropomum</i>	13	Tambaqui- I	
Siluriformes	Ariidae	<i>Cathorops agassizii</i>	2	Bagre-do-mar - M
	Pseudopimelodidae	<i>Lophiosilurus alexandrii</i>	2	Pacamã- N
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	2	Tainha- M
Beloniformes	Belonidae	<i>Tylosurus acus acus</i>	1	Agulhão - M
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	3	Robalo - M
		<i>Centropomus undecimalis</i>	1	Robalo-flecha - M
	Gobidae	<i>Bathygobius soporator</i>	2	Aimoré- M
	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	4	Sargo de dentes-M
		Carangidae	<i>Trachinotus carolinus</i>	1
	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	3	Xáreu - M
	Gerreidae	<i>Eugerres brasiliensis</i>	7	Carapeba verdadeira - M
		<i>Eucinostomus melanopterus</i>	2	Carapeba - M
	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	5	Tucunaré - I
	<i>Astronotus ocellatus</i>	4	Apaiari - I	
Eletridae	<i>Guavina guavina</i>	1	Amoreia - M	
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	5	Baiacu-arara - M

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados

Por outro lado, o menor volume de capturas e de diversidade de espécies ocorridos durante a III Expedição Científica com relação ao ano de 2019, pode ser explicado pelo

aumento da vazão e maior aporte de água (vazão média de 2.600 m<sup>3</sup>/s), ao qual proporcionou um defeso artificial, devido à grande quantidade de sedimento e maiores áreas de refúgio, dificultarem as capturas e a predação.

Tabela 3. Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2020.

<b>Ordem</b>	<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>n</b>	<b>Nome comum</b>
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias microcephalus</i>	10	Traíra - N
	Serrasalminidae	<i>Metynnis maculatus</i>	18	Pacu-disco - N
	Acestrorhynchidae	<i>Pygocentrus piraya</i>	10	Piranha verdadeira - N
		<i>Acestrorhynchus lacustres</i>	7	Peixe cachorro - N
		<i>Serrassalmus brandtii</i>	48	Pirambeba - N
Anostomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	8	Piau três pintas - N	
Siluriformes	Hipostomidae	<i>Hipostomus sp.</i>	2	Cascudo - N
		<i>Schizodon knerii</i>	5	Piau-de-vara - N
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	3	Robalo – M
		<i>Centropomus undecimalis</i>	4	Robalo Flecha - M
	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	5	Xáreu - M
	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	14	Tucunaré – I
		<i>Astronotus ocellatus</i>	6	Apaiari – I
		<i>Geophagus brasiliensis</i>	7	Cará
Gymnotiformes	Eletridae	<i>Guavina guavina</i>	3	Amoreia – M
	Sternopygidae	<i>Eigenmannia trilineata</i>	12	Sarapó – N
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoviella lepidentostole</i>	3	Pilombeta- N

N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados

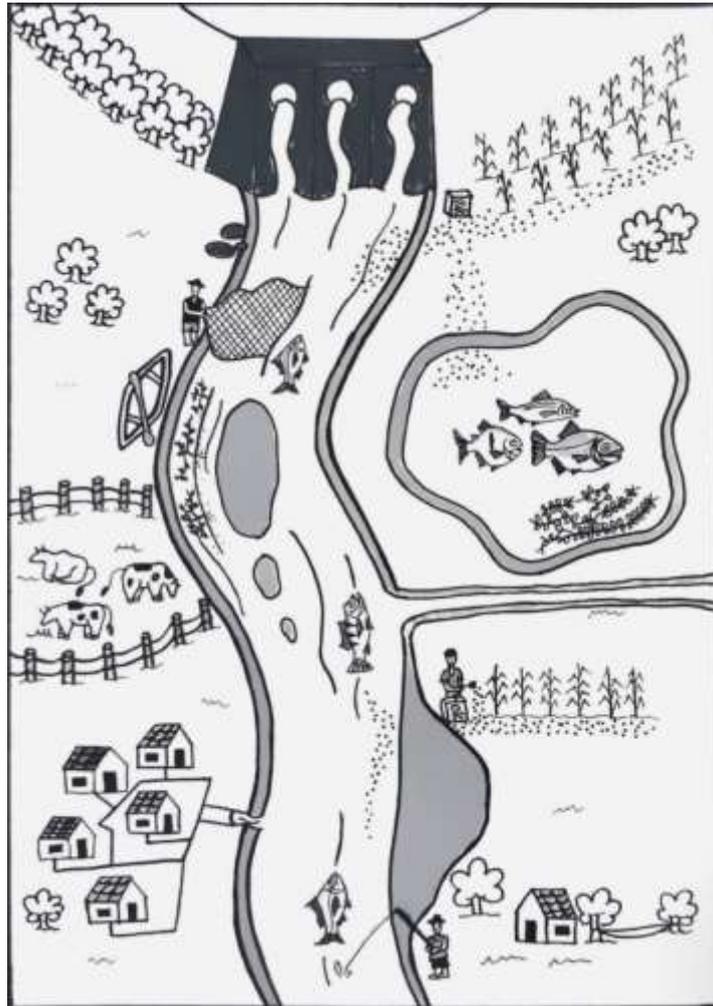
Figura 1. Exemplares de sarapó ou tuvira – *Eigenmannia trilineata*.



Foto: Emerson Soares.

Nas gravuras que apresentam a situação de seca e com maior volume de água (Figuras 2 e 3) podemos observar uma situação de ausência de chuvas e diminuição de vazão, bem típica na maior parte do ano na região, temos diversas atividades como a pecuária, agricultura nas margens da calha do rio, uso de agrotóxicos em alguns tipos de culturas, lançamentos de esgotos e efluentes das cidades, formação de bancos de areia devido o processo erosivo nas margens e ausência de vegetação da mata ciliar, que provoca o enfraquecimento do solo.

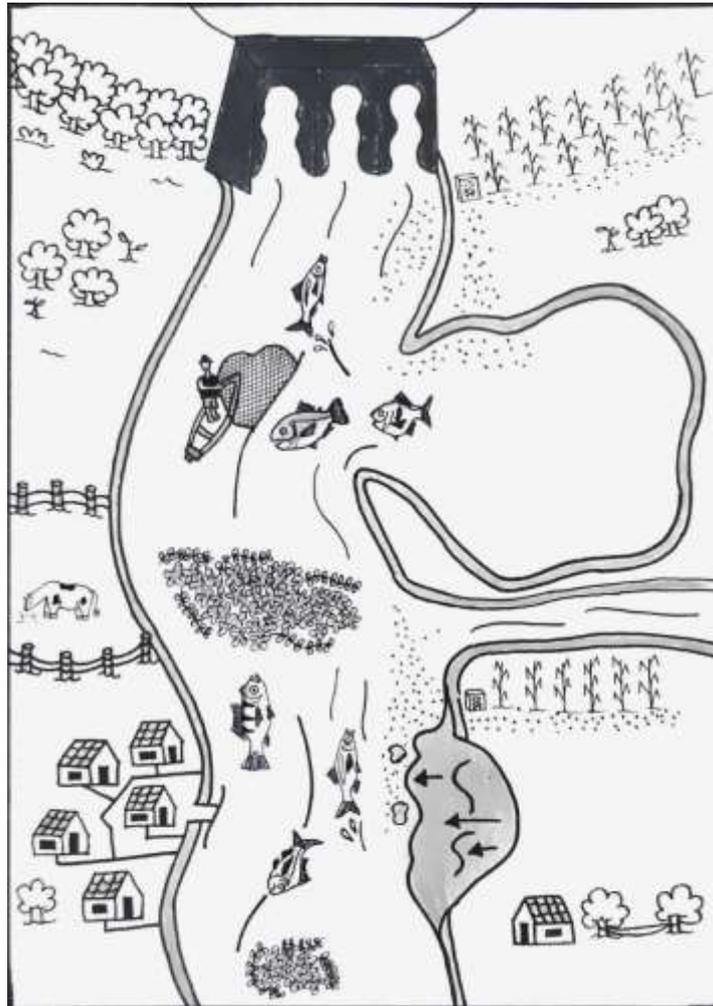
Figura 2. Dinâmica hidrológica e correlação com espécies reofílicas ou migradoras, no período de seca.



Gravura: Emily Valentim

Neste período, notamos a diminuição do volume de água e áreas, com transformação do sistema lótico (com maiores correntezas e trocas de água) para lêntico (água mais parada), diminuindo os habitats para as espécies de peixes, com isso favorecendo as capturas destas, inclusive com tamanho de captura não permitido pela legislação ambiental e instruções normativas de defeso (que estão desatualizadas), e com práticas de pesca, em algumas oportunidades, danosas ao meio ambiente. Grande acúmulo de macrófitas aquáticas, devido o aumento da carga orgânica, menor capacidade depurativa do rio e concentração de nutrientes decorrentes da decomposição de matéria orgânica, maior volume de esgotos e agrotóxicos, e diminuição da profundidade, que favorece a influência da radiação solar nas partes mais profundas do ambiente aquático e ajuda no desenvolvimento destas plantas.

Figura 3. Situação no baixo São Francisco com o período de cheia



Gravura: Emilly Valentim.

Nota-se que também que parte das espécies migradoras passam parte do tempo em lagoas marginais e ambientes sem contato com a calha principal do rio, a espera que com o aumento do volume de água, proporcionado pelo aumento da vazão e de chuvas, possam sair destes ambientes, eutrofizados ou rico em nutrientes, devido o acúmulo de matéria orgânica durante boa parte do ano e também por lançamentos de dejetos e fertilizantes.

Na Figura 3, observa-se um período de cheia, com aumento da vazão, volume de chuvas na região, aumento dos níveis de sedimentos do rio, queda de barrancos, maior carga de material oriundo dos afluentes temporários, com destaque aos rios Traipú, Ipanema, Capiá, Jacaré, Porucaba, Betume e Piauí. Nesta condição temos uma renovação das águas, e diminuição da concentração de nutrientes em determinadas áreas, e conseqüentemente, a calha do rio faz contato com as lagoas marginais, antes isoladas, desta forma, os peixes reofílicos saem destas áreas e iniciam o processo de migração

reprodutiva com maturação de suas gônadas (orgãos sexuais masculinos e femininos), para áreas de confluências, em muitos casos, pontos mais oxigenados e de maior maior turbidez, para gerarem as próximas gerações.

Contudo, após o processo de enchente, novas ilhas são formadas, devido o grande acúmulo de sedimentos, voltando aos patamares do período seco (Figura 2).

Como podemos observar, os impactos provocados pelas usinas hidrelétricas, alterando o sistema lótico para lêntico, refletiram em modificações na estrutura das comunidades de peixes (Andrade & Araújo, 2011). É necessário que estratégias eficientes sejam tomadas com relação ao estudo da bioecologia e identificação das espécies.

Correlacionando a ictiofauna com a vazão, é possível observar altas correlações através de um modelo GLM - regressão linear ( $r = 0,8975$ ). Nas Figuras abaixo é possível perceber que a abundância de peixes depende do que acontece dois anos antes com a vazão, para efeito de estudos correlacionamos a média de vazão trimestral, à vazão determinada pela resolução 2081 da ANA- Agência Nacional de Águas e a vazão ecológica.

Podemos observar que em 2018 a vazão do biênio, variou de  $555 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $738 \text{ m}^3/\text{s}$ , com média de  $615 \text{ m}^3/\text{s}$ , praticamente a metade da vazão já flexibilizada, exigida na resolução da ANA 2081 ( $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Após anos de maior retenção de água, os efeitos foram drásticos para a ictiofauna, onde foram observadas uma diversidade de 17 espécies, das quais 7 delas eram de origem marinha e/ou eurialina. Os comprimentos médios padrão foram significantes menores (Teste de Bonferroni,  $p < 0,05$ ), do que os encontrados nos anos seguintes, para a maioria das espécies nativas da bacia (*Eugerres brasilianus*, *Hoplias microcephalus*, *Megaleporinus obtusidens* e *Schizodon knerii*, por exemplo) (Figuras 4 e 5)

Em 2019, a vazão do biênio variou de  $577 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $913 \text{ m}^3/\text{s}$ , com média de  $703 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $400 \text{ m}^3/\text{s}$  do que o recomendado na já resolução flexibilizada pela resolução 2081 e pouco mais da metade da vazão ecológica, que é de  $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$ ). O efeito desta pequena melhora na vazão foi sentida nos indicadores de capturas e morfológicos dos peixes. Houve aumento significativo na diversidade de espécies com 24 representantes (sendo 12 espécies marinhas) contabilizadas, no volume de capturas e nos comprimentos médios padrão com relação a 2018 (Figuras 6 e 7).

Na expedição de 2020, a vazão do biênio (2019 e 2020), as vazões mínimas e máximas aplicadas foram de  $732 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $2040 \text{ m}^3/\text{s}$ , com média de  $1.117 \text{ m}^3/\text{s}$ , ainda se comportou abaixo dos  $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$  recomendados com vazão ecológica, mas dentro do

previsto na resolução 2081 da ANA. Os resultados deste melhor aporte de água foram a diminuição na diversidade de espécies, 19 representantes, dos quais 3 desta são de origem marinha ou eurialina e menor volume de capturas (165 exemplares capturados, enquanto em 2019 foram 206 indivíduos). A explicação para estes dados serem menores, mesmo com maior vazão se devem as seguintes características: o maior volume de água proporciona um defeso natural para as espécies, que conseguem transitar em locais de maior profundidade da coluna da água e menor visibilidade de predação (maior aporte de sedimento), com maior segurança sem serem capturadas pelos aparelhos de pesca.

A outra observação é que nos anos anteriores 2018 e 2019, ocorreu maior quantidade de espécies de origem marinha (7 e 12 espécies, respectivamente), enquanto em 2020, apenas foram observados 3 representantes deste tipo de ambiente. Isso se deve a retração da cunha salina, devido ao aumento da vazão, fazendo com que espécies costeiras, não penetrassem continente adentro.

Por outro lado, foi registrado o aparecimento do pacamã – *L. alexandrii*, da pilombeta - *Anchoviella lepidentostole* e do cascudo - *Hipostomus sp.*, aumento das capturas da curimatã-pacu – *P. argenteus*, e a ocorrência nova na bacia, da tuvira ou sarapó – *E. trilineata*. Paralelamente os comprimentos médios padrão foram significativos (Teste de Bonferroni,  $p < 0,05$ ) em relação as capturas de 2018 para as espécies de piauí *M. obtusidens* e *S. Knerii* e robalos (*C. undecimalis* e *parallelus*) (Figuras 8 e 9).

Figura 4. Vazões aplicadas no biênio 2017 e 2018.

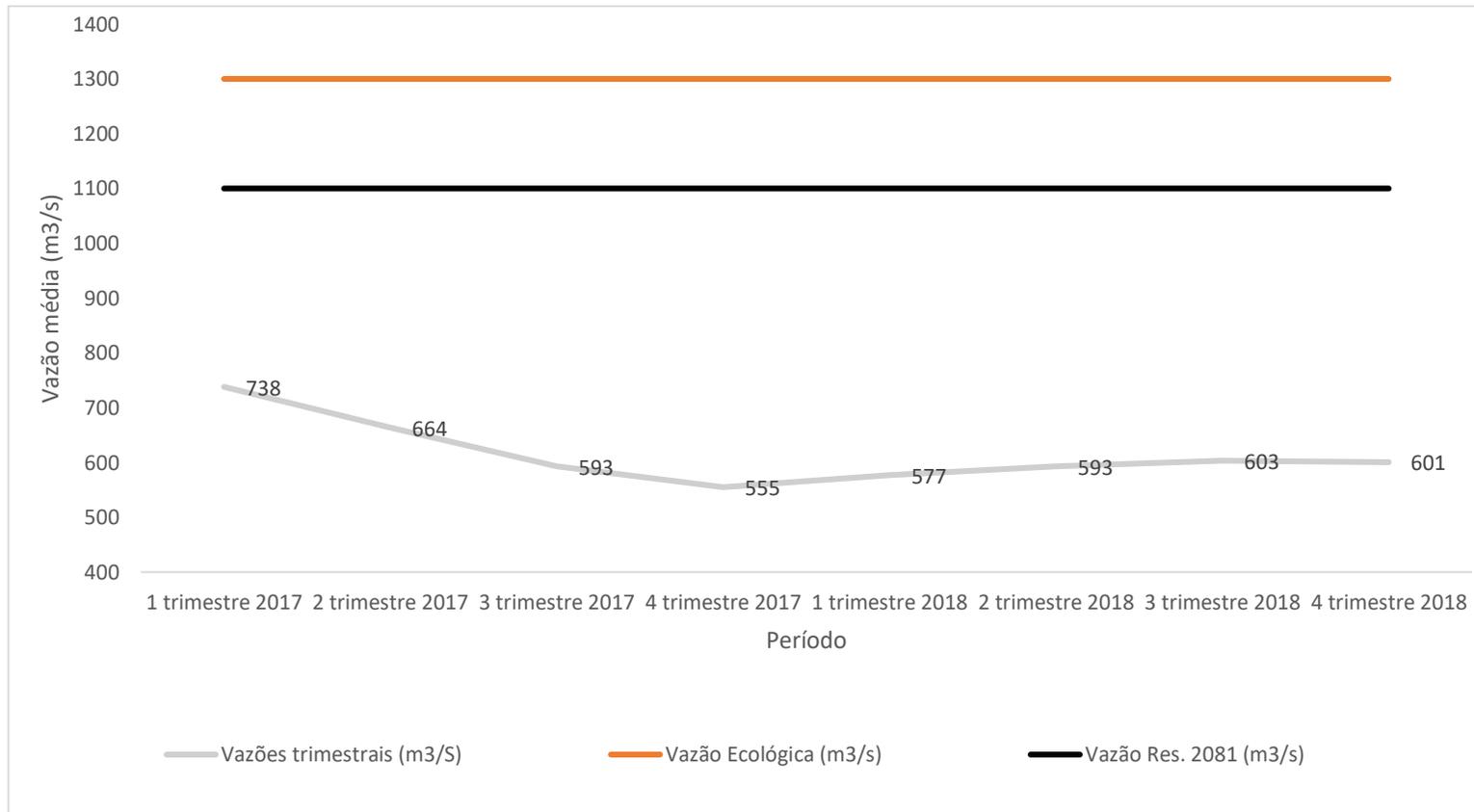


Figura 5. Abundância de peixes comerciais capturados na I Expedição Científica em 2018.

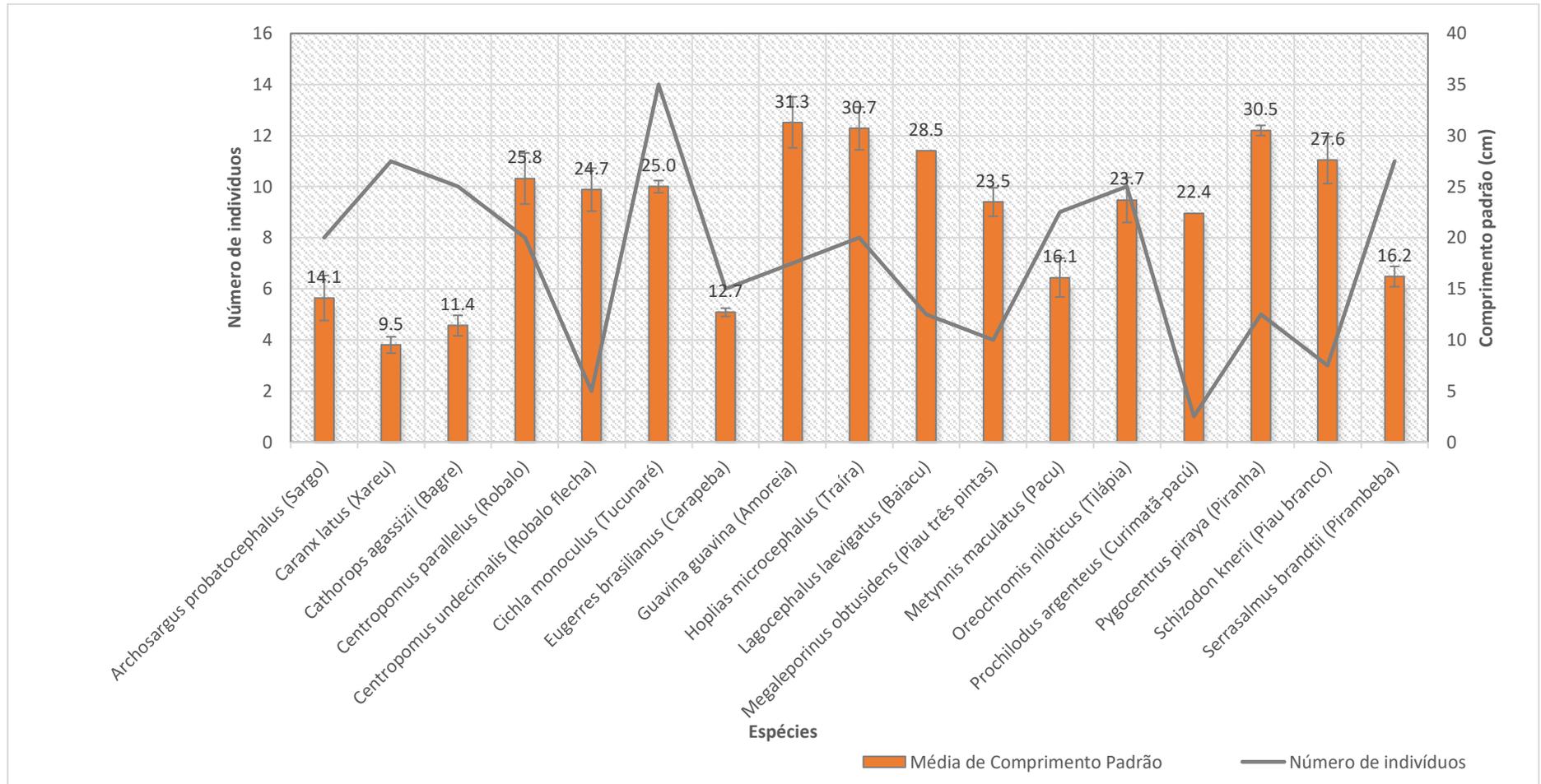


Figura 6. Vazões aplicadas no biênio 2018 e 2019.

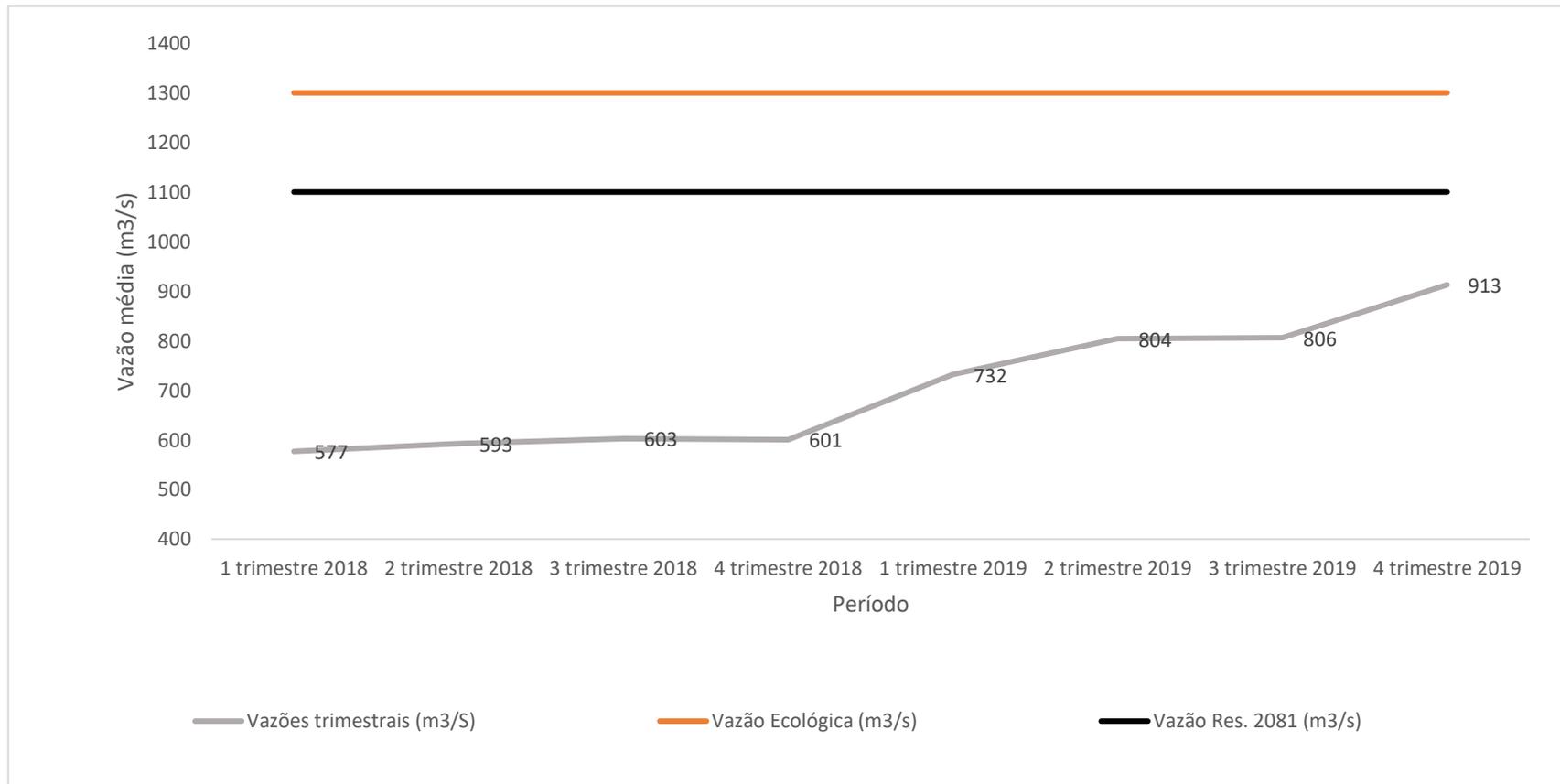


Figura 7. Abundância de peixes comerciais capturados na II Expedição Científica em 2019.

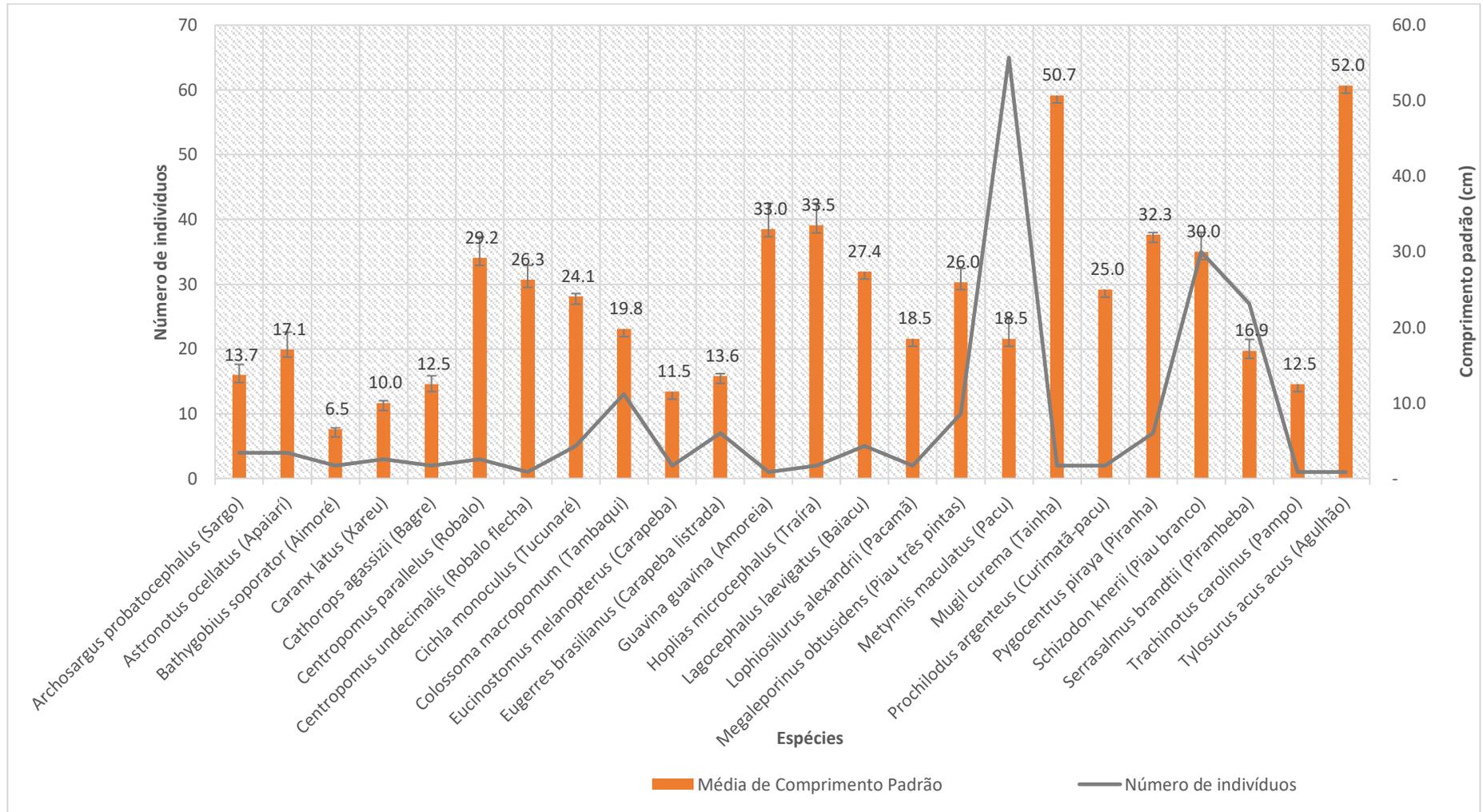


Figura 8. Vazões aplicadas no biênio 2019 e 2020.

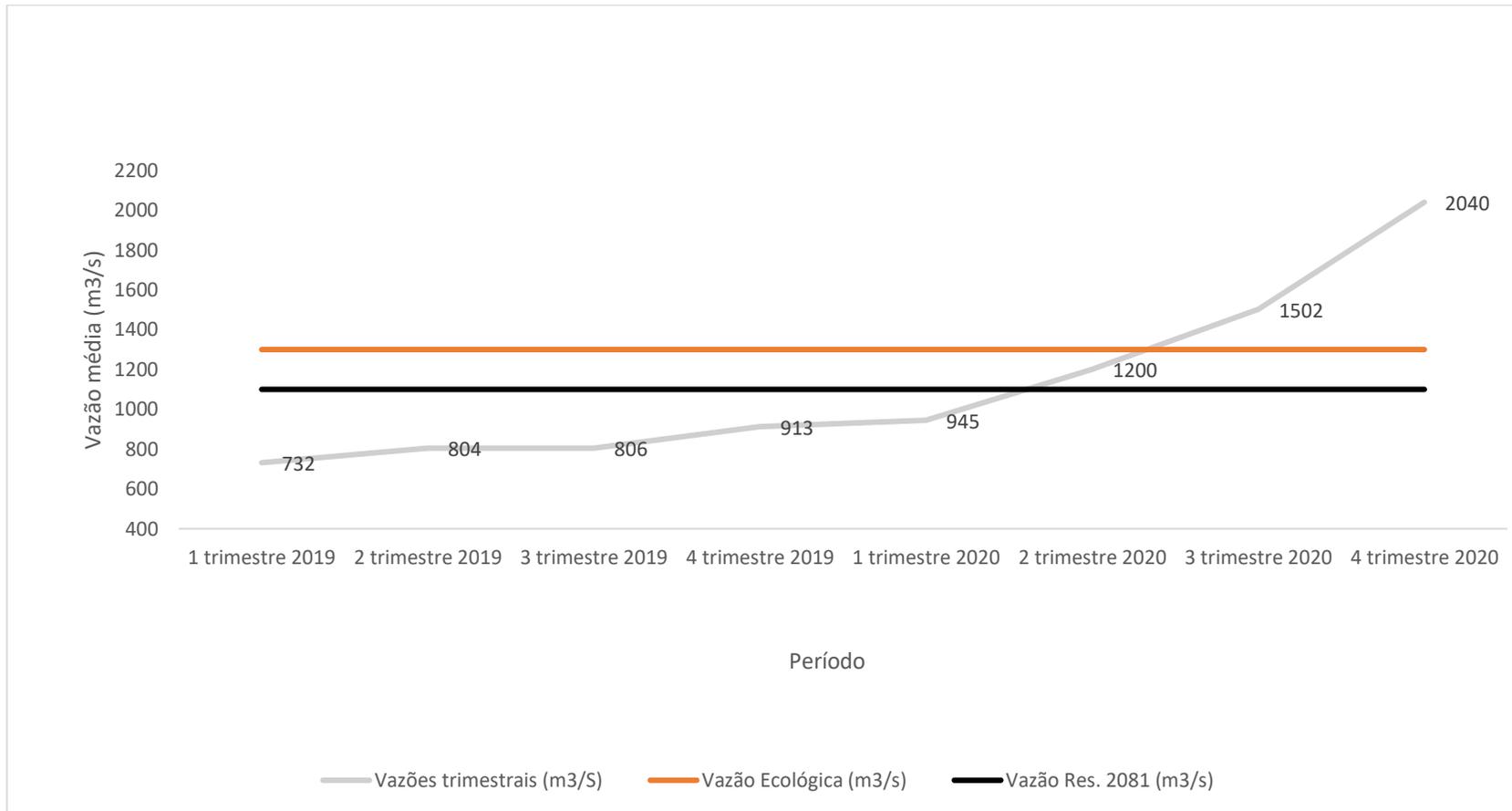
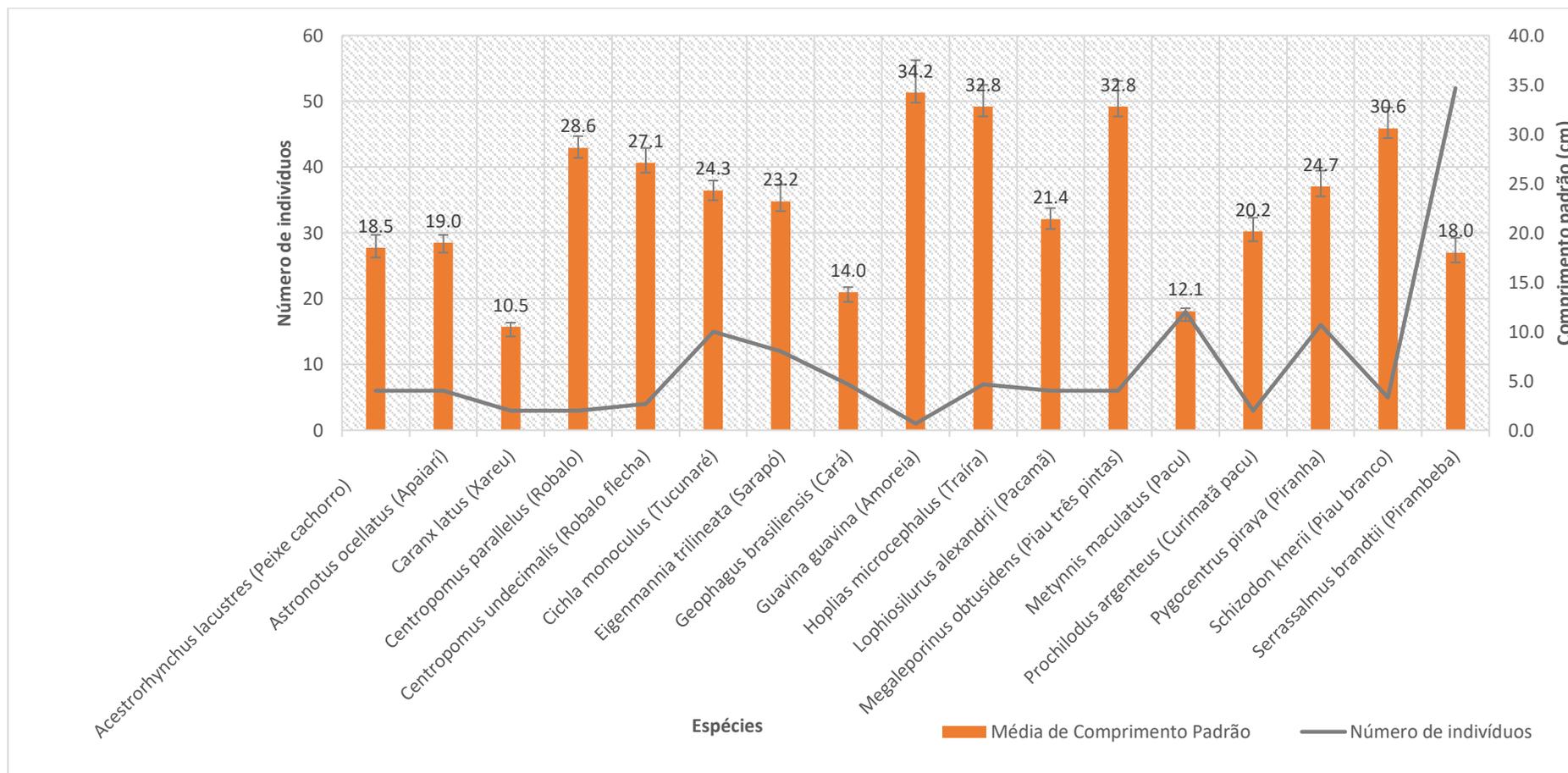


Figura 9. Abundância de peixes comerciais capturados na III Expedição Científica em 2020.



Foram tomadas medidas morfométricas das espécies abaixo (Tabela 4). Todos os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e regressão ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico computacional SISVAR – Sistema de análises estatística (FERREIRA 2011). Os resultados da morfometria das pirambebas (Tabela 5) e Tucunarés (Tabela 6) capturadas no baixo rio São Francisco. É possível observar que não teve diferença significativa nos resultados da morfometria dos Tucunarés que foram capturados na III expedição no baixo São Francisco.

Tabela 4. Média dos pesos e comprimentos dos peixes capturados.

PEIXES	TOTAL DE PEIXES	PESO (kg)	CTO (cm)
Tucunaré	15	0,292	28,67
Piau	4	0,671	37,25
Pacu	11	0,068	14,05
Pirambeba	32	0,133	19,89
Piranha vermelha	4	0,401	25,63
Curimatã- pacu	7	0,294	23,85
Oscar ou Apaiarí	5	0,279	24,00
Total		78	

Tabela 5. Morfometria das Pirambebas (*Serrasalmus brandtii*)

PIRAMBEBA									
VARIÁVEIS	PONTOS						CV%	TESTE F	DESVIO PADRÃO
	PI	PA	TR	PR	PE	PU			
Peso (Kg)	0,18	0,12	0,12	0,15	0,10	0,14	47,08	0,407	0,03
CTO (cm)	20,41	19,20	19,60	20,90	19,20	20,13	16,04	0,9443	6,67
CPA (cm)	18,04	16,50	17,00	17,90	17,70	17,50	15,3	0,9402	5,80
CTR (cm)	14,72	13,71	14,16	15,32	14,18	14,93	16,85	0,9162	5,02
ACO (cm)	8,55	6,69	7,51	8,00	7,53	7,53	21,99	0,6476	5,98
LCO (cm)	2,09	1,84	1,89	2,14	1,78	1,90	21,83	0,7289	7,11
CCA (cm)	5,69	5,49	5,44	5,58	5,02	5,20	17,39	0,8856	4,74
ACA (cm)	3,87	3,77	3,46	3,54	3,48	3,00	18,76	0,4832	5,65
CNP (cm)	3,31	3,02	3,00	3,02	2,95	2,90	17,87	0,8848	5,41
CNA (cm)	5,92 <sup>b</sup>	5,71 <sup>ab</sup>	3,00 <sup>a</sup>	5,70 <sup>ab</sup>	4,84 <sup>ab</sup>	5,03 <sup>ab</sup>	27,79	0,314	19,43
ANA (cm)	2,48	2,00	2,14	2,16	1,77	2,35	31,26	0,6448	10,38
DOL (cm)	1,21	1,48	1,27	1,38	1,32	1,20	17,44	0,4122	5,76
LBO (cm)	1,88	1,74	1,61	1,94	1,62	1,55	23,72	0,6232	7,84
CIM (cm)	20,00	17,00	17,30	19,40	17,40	17,50	17,08	0,543	6,26

Comprimento total (CTO); comp. padrão (CPA); comp. do tronco (CTR); altura do corpo (ACO); largura do corpo (LCO); comp. da cabeça (CCA); altura da cabeça (ACA); comprimento da nadadeira peitoral (CNP); comprimento da nadadeira anal (CNA); altura nadadeira anal (ANA); diâmetro do olho (DOL); largura da boca (LBO); circunferência (CIM), Piranhas (PI), Pão de Açúcar (PA), Traipu (TR), Porto Real do colégio (PR), Penedo (PE), Piaçabuçu (PU).

Tabela 6. Morfometria dos Tucunarés (*Cichla monoculus*)

TUCUNARÉ									
VARIÁVEIS	PONTOS						CV%	TESTE F	DESVIO PADRÃO
	PI	PA	PR	PE	PU	BG			
<b>Peso (Kg)</b>	0,38	0,42	0,26	0,15	0,26	0,26	67,26	0,7096	0,10
<b>CTO (cm)</b>	30,25	29,83	28,00	24,50	28,50	29,67	16,67	0,8272	2,12
<b>CPA (cm)</b>	26,00	26,00	24,00	20,75	24,13	24,33	17,11	0,7969	1,92
<b>CTR (cm)</b>	21,50	20,50	20,70	18,10	21,05	22,37	12,57	0,6483	1,44
<b>ACO (cm)</b>	7,20	6,61	6,30	4,80	6,03	6,34	21,84	0,6264	0,80
<b>LCO (cm)</b>	3,15	2,88	2,80	2,35	2,80	2,88	13,73	0,5152	0,26
<b>CCA (cm)</b>	8,75	9,34	7,30	6,40	7,45	7,30	30,43	0,7664	1,08
<b>ACA (cm)</b>	4,45	4,71	4,00	2,70	3,55	3,67	28,38	0,4608	0,72
<b>CNP (cm)</b>	5,60	5,32	4,90	4,15	4,95	5,07	15,83	0,5839	0,49
<b>CNA (cm)</b>	5,75	5,08	2,60	2,15	2,78	2,53	29,66	0,0178	1,53
<b>ANA (cm)</b>	3,90	3,18	2,10	2,60	2,70	2,87	21,69	0,2604	0,61
<b>DOL (cm)</b>	1,50	1,43	1,50	1,45	1,43	1,47	12,26	0,995	0,03
<b>LBO (cm)</b>	2,90	2,23	2,00	1,90	2,18	--	27,87	0,0015	0,39
<b>CIM (cm)</b>	17,80	17,67	17,00	13,75	16,75	--	21,29	0,0002	1,65

Comprimento total (CTO); comp. padrão (CPA); comp. do tronco (CTR); altura do corpo (ACO); largura do corpo (LCO); comp. da cabeça (CCA); altura da cabeça (ACA); comprimento da nadadeira peitoral (CNP); comprimento da nadadeira anal (CNA); altura nadadeira anal (ANA); diâmetro do olho (DOL); largura da boca (LBO); circunferência (CIM), Piranhas (PI), Pão de Açúcar (PA), Porto Real do colégio (PR), Penedo (PE), Piaçabuçu (PU), Brejo Grande (BG).

Os dados morfométricos serão importantes para manutenção do banco de dados das espécies capturadas e para efeitos comparativos ao longo dos anos de estudos.

### ***Ultrassonografia na biologia reprodutiva***

A avaliação reprodutiva das características de desenvolvimento gonadal das espécies e maturidade ovocitária é de fundamental importância para identificar a fase reprodutiva de espécies específica em seu respectivo período de defeso validando assim, hipóteses de pescadores sobre a necessidade de prolongamento do período de defeso para reprodução satisfatória de algumas espécies.

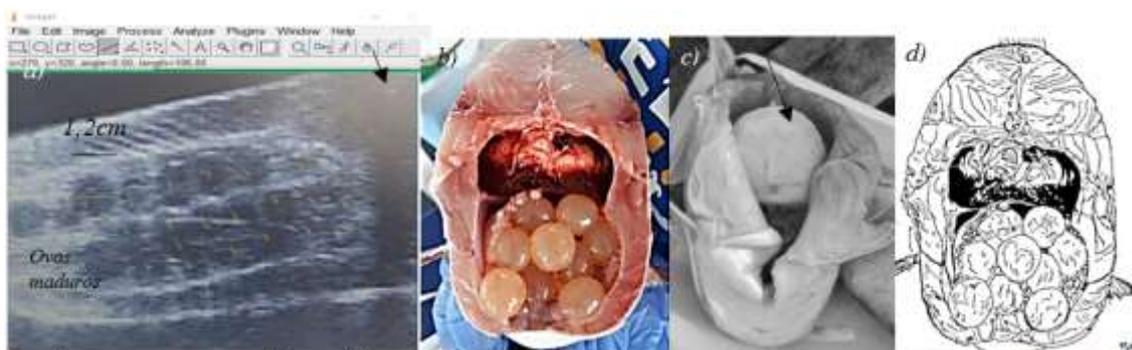


As 37 fêmeas capturadas em 2020 estavam, em sua maioria ovadas, 92% dos espécimes coletadas sendo 82% em estágio avançado de desenvolvimento gonadal, corroborando com o quadrimestre de defeso da pesca de novembro a fevereiro.

Através da ultrassonografia pode-se identificar a fase de maturação ovocitária do Bagre Branco, *Genidens barbatus*, comprimento total 55 cm e 1,54 kg. Capturado na região de Piaçabuçu foram quantificados 38 ovos de 1,1 cm médios de diâmetro e outros 2 estágios da maturação ovocitária (Figura 10).

Os bagres apresentam importante característica de resistência às oscilações hídricas, em geral conseguem suportar baixos níveis de oxigênio, possuem estruturas respiratórias diferenciadas (Figura 10c), reproduzem-se em águas mais quentes e paradas, característica das águas sob baixa vazão como as do baixo rio São Francisco, além de desovas em áreas estuarinas, o que justifica sua ocorrência no Município de Piaçabuçu, área de maior salinidade (CRUZ et al, 2020). Contudo, o *G. barbatus* consta na lista do Ministério do Meio Ambiente como espécie em perigo (EN) de extinção pois apresentam baixa fecundidade comparado a outros teleosteos, de 32 a 272 ovócitos e maturação sexual aos 8,5 a 9 anos.

Figura 10. Ovos maduros na cavidade abdominal e bexiga natatória do bagre branco em imagens de ultrassonografia (a) e em secção corporal transversal; (b) bexiga natatória (c) Fotos Cavali J, 2020; e secção transversal ilustrada em mesa digitalizadora (d) Foto Silva J.V, 2020.

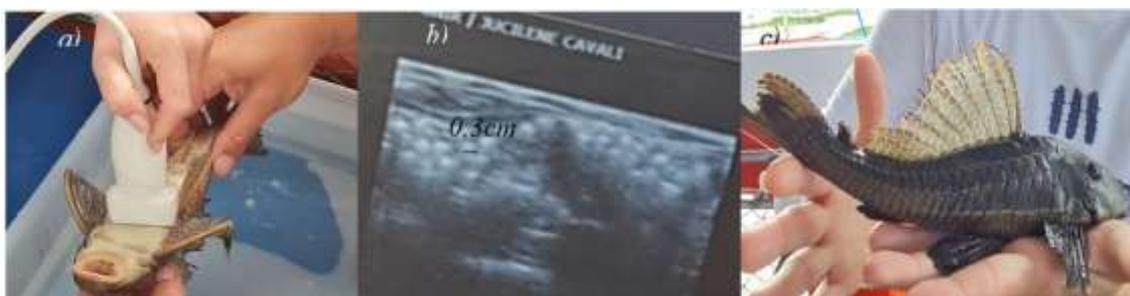


Segundo Mendonça, Balanin, Garrone-Neto (2020) o número de ovos produzidos pelos *Genidens* cresce linearmente (8 a 52 por ciclo) em função do tamanho corporal (22 a 47cm), do peso total e do peso das gônadas onde grandes ovócitos representam alto esforço reprodutivo. Os machos desta espécie possuem cuidado parental e realizam a incubação orofaríngea de ovos e alevinos (MACIEL, VAZ-DOS-SANTOS, VIANNA 2018) nestas regiões estuarinas.

A avaliação do *Hipostomus sp* (Figura 11) corroborou com dados de Bueno, Oliveira, Chellappa (2017) com 25% dos ovócitos vitelogênicos maduros de 3mm de diâmetro médio e outras três fases de ovócitos vitelogênicos para a prolífera desova parcelada da espécie (ZAWADZKI, 2019).

A pilombeta-branca, *Anchoiella lepidentostole*, é de grande relevância na manutenção da cadeia alimentar, especialmente por servir de alimento para diversas espécies piscívoras. Já esteve entre as três espécies mais abundantes no Rio São Francisco, microrregião de Penedo (BARBOSA, SOARES, 2009). A espécie é muito apreciada na culinária pelo sabor característico, especialmente quando na fase reprodutiva em função do aumento no teor de gordura visceral e intramuscular (Figura 12). Contrapondo a redução de umidade dos tecidos, os teores de proteína (17,1% vs 19,4%), lipídios (3,5% vs 6,7%), minerais e fósforo aumentam consideravelmente para machos e fêmeas com o avanço dos estágios gonadais comparado a fase gonadal imatura (GIAMAS, VERMULM JR, TAKINO, 1985) sendo tanto mais saborosa quanto de maior valor nutricional, nutrientes ou kcal/100g de matéria seca, pondo a pilombeta em condição de vulnerabilidade a extinção.

Figura 11. Posicionamento ventral de probe para tomada de imagens ultrassonográficas (a) na avaliação da cavidade ovocitária (b) do cascudo (*Hipostomus sp*) (c) no Baixo São Francisco. Fotos Cavali, 2020.



Através da ultrassonografia é possível identificar o par do musculo sonoro (Figura 13a,b seta azul), bastante desenvolvido na maioria dos machos de Cianídeos em fase de reprodução, além das estruturas de testículos (Figura 13a, seta verde) evidenciadas pelas imagens da ultrassonografia. O musculo sonoro é importante para atrair a fêmea da pescada amarela e desenvolve-se em sincronia com as gônadas nos machos (BORIE; BATALHA; CHAO, 2018).

Figura 12. Imagem longitudinal (b) e transversal (c) por ultrassonografia e seção corporal transversal (d) da *Anchoviella lepidentostole*. Fotos Cavali, 2020



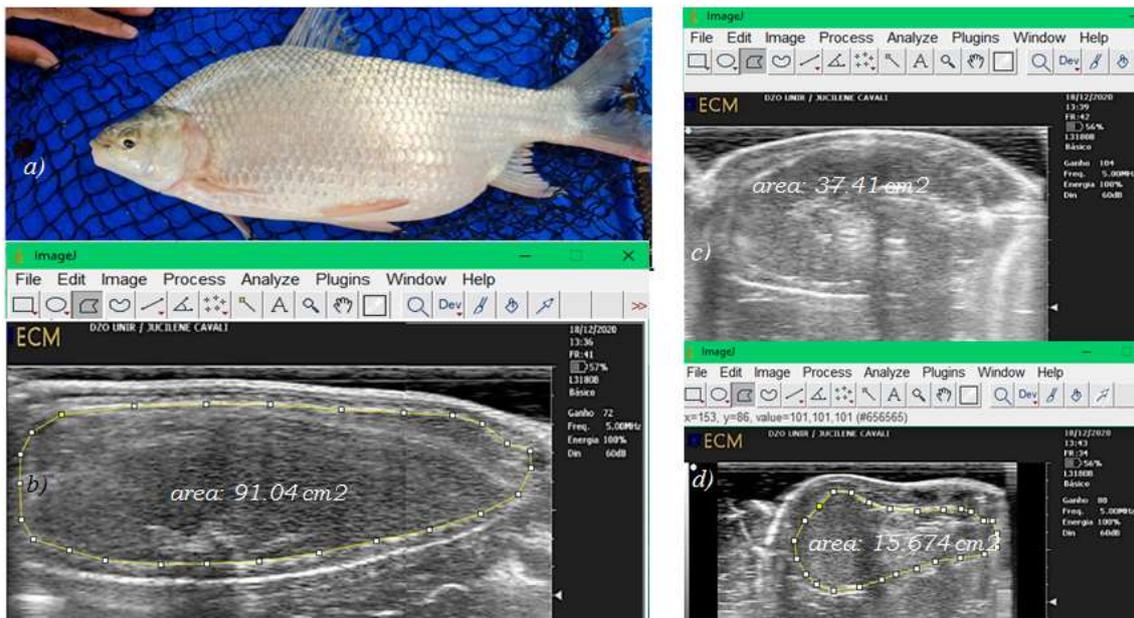
Figura 13. Detalhes do músculo sonoro do *Macrodon ancylodon* macho, observado por ultrassonografia (a) e validado em secção corporal transversal (b). Fotos Cavali, 2020



A técnica de ultrassonografia é utilizada na reprodução e permite avaliar a qualidade de matrizes, a exemplo da Xira ou curimatã-piau, *Prochilodus argenteus* (Figura 14a) uma das espécies mais apreciadas pelos pescadores do Rio São Francisco, pelo tamanho, média 8 kg, e qualidade da carne. As imagens permitem estimar o tamanho da maturação gonadal (média 90 cm<sup>2</sup> em fêmeas) (Figura 14b, c) e a biomassa de ovos.

O emprego da ultrassonografia para avaliação e detecção do estágio de maturação gonadal pode gerar melhorias nos índices reprodutivos em protocolos de desova induzida em peixes de piracema, uma vez que pode ser possível a identificação do momento exato de início do protocolo de indução. A técnica permite monitorar a eficiência de desova induzida (total ou parcial) (Figura 14d) nos centros de reprodução de alevinos, a qualidade da matriz quanto a condição corporal e a eficiência reprodutiva (tamanho da maturação gonadal, biomassa e maturidade de ovos, resposta hormonal).

Figura 14. *Prochilodus argenteus* em estágio avançado de maturação (a), imagens da ultrassonografia no sentido longitudinal (b) e transversal (c). Resíduo de desova parcial após extrusão (d). Fotos Cavali, J, 2020.



Em sua maioria as fêmeas avaliadas estavam em estágio avançado de maturação sexual estando condizente ao período de defeso estabelecido para a desova nas condições do baixo do rio São Francisco. Contudo, a desova desta espécie está diretamente relacionada às condições ambientais ideais que oscilam em função da vazão hídrica sendo comum encontrar xiras e piosas reabsorvendo suas ovas entre março/abril (CAVALI et al, 2019). Segundo Boncompagni Jr (2013) o índice gonadossomático da Xira tem alta correlação ( $r = 0,84$  fêmeas e  $r = 0,95$  machos) com a precipitação pluviométrica.

Avaliando matrizes de Piau foi possível observar relação das doses hormonais ao estágio de maturação gonadal e que a aplicação de doses hormonais em matrizes em estágio avançado provoca “empedramento de ovócitos”, observado pelas imagens de ultrassom, impedindo a extrusão dos ovos e podendo levar a morte das matrizes. Comportamento semelhante foi relatado ao *Piaractus mesopotamicus* (KURADOMI, FORESTI, BATLOUNI, 2017). Para tanto, sugere-se a seleção de matrizes de qualidade e o monitoramento no manejo reprodutivo através da técnica de ultrassonografia.

### ***Avaliação do rendimento muscular e presença de espinhas***

Alguns constituintes corporais, como gorduras e água, podem ser determinados pela mensuração da velocidade de propagação das ondas de baixa intensidade geradas pelo ultrassom possibilitando fornecer informações sobre a concentração, localização, composição estrutural e física de componentes específicos dos tecidos corporais.

Bosworth et al. (2001) comparam imagens transversais de ultrassom de 30 bagres-do-canal, 535 a 967 gramas, às medições nos cortes transversais musculares obtendo altas correlações entre as medidas da área da musculatura desses peixes ( $r= 0,84$  a  $0,94$ ). Crepaldi et al (2008) avaliaram 34 surubins híbridos de 2,5kg e 1,5 kg em três regiões corporais definindo pontos que melhor se correlacionaram aos rendimentos de carcaça sendo possível selecionar potenciais reprodutores por meio de avaliação por ultrassonografia.

Bons rendimentos em tecido muscular estão relacionados a qualidade da dieta/alimentação disponível, a idade e a fase reprodutiva da espécie em função das alterações fisiológicas. As imagens ultrassonográficas tomadas nos espécimes do Rio São Francisco apresentaram grande variação quanti-qualitativa da musculatura devido a diversidade de espécies e respectivo hábito alimentar. Espécies de hábito alimentar especialista como os carnívoros e pouco migradoras a exemplo do Pacamã, *Lophiosilurus alexandri*, espécie nativa endêmico da bacia do Rio São Francisco, tendem a maior susceptibilidade a restrição alimentar em ambientes com baixa disponibilidade de alimentos vivos (TAKATA et al., 2014) o que dificulta a sobrevivência das larvas nas águas do Rio São Francisco, apesar deste ser adaptado à baixa frequência alimentar (DOS SANTOS et al., 2016). A espécie é classificada como vulnerável pela Portaria N° 445 no Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014).

A musculatura do Pacamã apresenta-se bem definida nas imagens tomadas por ultrassonografia podendo-se identificar os miótomos (Figura 15c) e ausência de espinhos intramusculares. A espécie é muito apreciada na culinária regional por apresentar cortes grandes, alto rendimento de filé, carne de textura macia e muito saborosa.

O índice gonodossomatico desta espécie varia de 2 a 3% em espécime de 2 kg de peso corporal (Figura 15b). A temperatura ideal da água para o desenvolvimento de juvenis pacamãs 30,6 g é de 27,8 °C (COSTA et al., 2016). Temperaturas superiores a 29,4°C promovem o aumento do número de células vermelhas do sangue e do pigmento responsável pelo transporte de oxigênio, provavelmente devido aos menores níveis de oxigênio dissolvido na água. Tais características alteram a cor da carne em função da concentração de mioglobina muscular.

Figura 15. Avaliação da Pacamã, *Lophiosilurus alexandri* (a) fêmea e estágio avançado de maturação (b), e musculatura do macho (c). Fotos Cavali, J. 2020.



As condições do ambiente, como temperatura e oxigênio disponível, além da alimentação disponível, influenciam na eficiência metabólica e deposição de tecidos na carcaça. Os pacamãs provenientes do rio São Francisco apresentaram teor de proteínas de 17%, lipídeos  $1,44 \pm 0,72$  % melhor razão n-6/n-3 ( $0,67 \pm 0,04$ ); maiores teores de EPA ( $3,74 \pm 1,25$ ) e DHA ( $6,52 \pm 2,85$ ) e teor de ácido oléico acima de 20% (C18:1) comparado aos de cultivo com  $2,66 \pm 0,36$ % de lipídios (SANT'ANA, et al 2019).

A ultrassonografia permite determinar o conteúdo corporal dos peixes através da opacidade dos tecidos substituindo métodos laboratoriais onerosos e destrutivos para a determinação de componentes centesimais. Crepaldi; Rotta (2007) avaliou o conteúdo de umidade dos filés e a influência da gordura, umidade e sólidos não gordurosos na velocidade do ultrassom em tecidos de bacalhau do Atlântico (*Gadus morhua*), concluindo que a velocidade do ultrassom cai linearmente com o aumento da umidade dos filés.

Para o tambaqui os estudos têm sido direcionados à acurada estimativa que correlacione ( $r = 0,61$ ) a musculatura da secção medial corporal, o número e distância entre as costelas ao maior rendimento de carne para programas de melhoramento genético (PERAZZA et al, 2015). Considerando a herdabilidade média 0,16 a peixes de ganho genético anual de 4,971%, estima-se aumentar a média da área muscular de  $5,82\text{cm}^2$  na geração parental para  $6,687\text{ cm}^2$  na F1, e ganhos significativos em quantidade de carne

no lombo do tambaqui (PERAZZA et al, 2017). Assim como, na identificação através da ultrassonografia, de matrizes sem a presença das espinhas intramusculares “Y”, que permite eficiência de 13% de rendimento de filé no processamento industrial.

Através da avaliação da papila urogenital, massagem abdominal e escala de Vazoller, aproximadamente 85% dos exemplares capturados em 2020 estavam em processo reprodutivo, em estágio de maturação considerados maduros, com machos espermeando quando massageados a região abdominal e as fêmeas encontradas estavam na fase de desenvolvimento ovocitário II, com a presença dos ovócitos com estoque de reserva perinucleolar, com citoplasma bem definido, nucléolos esféricos e intensamente basófilos (Vazzoler, 1996). Esta taxa de indivíduos em período reprodutivo foi aproximadamente 15% maior que o ano de 2019 e aproximadamente 20% maior em relação aos indivíduos investigados em 2018.

## CONCLUSÃO

-  A diminuição da vazão, pesca com métodos não permitidos, represamento da água, desmatamento da vegetação ciliar, assoreamento, poluição de efluentes das cidades e agrotóxicos, aliados à diminuição do regime de chuvas, vem prejudicando a reprodução dos peixes, afetando as migrações reprodutivas de espécies de piracema e esgotando os estoques pesqueiros;
-  A maior vazão proporcionada em 2020, permitiu o aparecimento de espécies que estavam sumidas nos desembarques pesqueiros de anos anteriores, com exemplares nativos de tamanhos superiores ao ano de 2018 e 2019;
-  A vazão aplicada de em média dois anos antes tem resultados significativos para a diversidade de espécies;
-  As maiores vazões aplicadas no ano de 2020 proporcionou defeso natural para as espécies de peixes, com possibilidades de refletirem em melhores indicadores de produtividade para o ano de 2021;
-  Ocorreu um aumento significativo de peixes maduros em 2020, quando relacionados aos dois anos anteriores;

 A ultrassonografia permite avaliar *in vivo* as características reprodutivas e estimar rendimentos musculares os quais se correlacionam aos aspectos comportamentais e nutricionais espécie-específico de peixes do Rio São Francisco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. S. Perfil da ictiofauna do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luis, v. 4, n. 1, p. 155-172, 2009.
- BARBOSA, J.M., SOARES, E.C., CINTRA, I.H.A, HERMANN, M., ARAÚJO, A.R.R. Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco. **ActaFish**, 5(1): 70-90, 2017.
- BARBOSA, J.M.; NUNES-FILHO, A.; FERREIRA, A.F.; SILVA, A.A.; SOARES, E.C. Evolução da atividade agrossilvipastoril na região e Brejo Grande, Estado de Sergipe: Carcinicultura. **Agroflorestalis News**, v. 3, n.1, 52-60, 2018.
- BONCOMPAGNI-JR, O.; NORMANDO, F, BRITO, M, BAZZOLI, N. Reproductive biology of *Prochilodus argenteus* Agassiz, 1829 (Pisces: *Prochilodontidae*) in São Francisco River, Brazil. **Journal of Applied Ichthyology**. 29. 10.1111/jai.12018. 2013.
- BORIE, A M; BATALHA, S; CHAO, N L. Management and relationship of environmental factors with reproductive characteristics of silver croaker in cage culture. **Bol. Inst. Pesca**, v.40, n.2, 271-279, 2018.
- BOSWORTH BG, HOLLAND M, BRAZIL BL. Evaluation of ultrasound imagery and body shape to predict carcass and fillet yield in farm–raised catfish. **J Anim Sci**, v.79, 1483-1490, 2001.
- BURTLE, G.J, NEWTON, G.L., LEWIS, G.W., JACOBS, J. Ultrasound for sex determination of catfish. 2003 Disponível em: <http://www.tifton.uga.edu/aquaculture/coe nt/ultrasound.htm>. Acesso em: 19/06/2011.
- BUENO R.M.X., OLIVEIRA M.R., CHELLAPPA S. Desenvolvimento gonadal, fecundidade e tipo de desova do cascudo, *Hypostomus puarum* (Starks, 1913), Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**. v.7, n.4, 30-33, 2017.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco**. 3 ed. Brasília: Editora Câmara dos Deputados/Codevasf, 1988. 115 p.
- CAVALI, J.; MOJICA A.L.B; DANTAS FILHO, J. V. Percepção dos pescadores sobre as mudanças no Baixo São Francisco. In: SOARES, E. C.; SILVA, J. V.; NAVAS, R. O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais. 1 ed. Maceió: EDUFAL, 2020, v.1, 349-364.
- COIMBRA, M.R.M., LIMA, A.P.S., OLIVEIRA, K.K.C. SEVERI, W. Microsatellite assessment of the genetic diversity in indigenous populations of curimba (*Prochilodus argenteus*) in the São Francisco river (Brazil). **Conserv Genet** 18, 965–975. 2017.
- CREPALDI, D.V.; TEIXEIRA, E.A.; FARIA, P.M.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; OLIVEIRA, D.A.A. TURRA, E.M.; QUEIROZ, B.M. Rendimento de carcaça em surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) avaliado por ultrassom. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.4, 813-824. 2008
- CREPALDI, D.V.; ROTTA, M.A. Uso do ultra-som em programas de reprodução de peixes nativos. EMBRAPA Pantanal, Comunicado Técnico, 62: 7p. 2007.
- CRUZ M.A.S, SILVA C.A, VIANA R.D, GARCIA C.A.B, COELHO FILHO P.A, PRAXEDES M.Y. A. V. COSTA S.S.L. Salinidade da água na região do Baixo

- São Francisco. In: SOARES, E. C.; SILVA, J. V.; NAVAS, R. O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais. 1 ed. Maceió: EDUFAL, 2020, v.1, 349-364.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar: um sistema computacional de análise estatística**. Ciênc. agrotec. vol.35, n.6, pp.1039-1042, 2011.
- FIGUEIREDO, A.V.A.; AGRA-FILHO, S.S.; SANTOS, A.C.A. A regulação da vazão e seus efeitos sobre os atributos ecológicos da ictiofauna: o caso do baixo curso do rio São Francisco. **Revista de Estudos Ambientais (online)**, v.2, n.2, p.6-21. 2020.
- FORNELL, R., **Available Morfometria Geométrica e a Quantificação Da Forma Dos Organismos**, 10.13140/2.1.1793.1844. 2014.
- GIAMAS, T.D.M; VERMULM JR, H; TAKINO, M. Chemical composition of *Anchoviella lepidentostole* (Fowler, 1911), Osteichthytes, Engraulidae. **Bol. Inst. Pesca**, v.12, n.2, 109-122, 1985.
- PERAZZA, C.A, PINAFFI, F L V, SILVA, L A, HILSDORF, A W S. Evaluation of ultrasound imaging to predict loin eye area in tambaqui. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, 41(esp.): 803-809, 2015.
- PERAZZA, C.A, MENEZES, J T B, FERRAZ, J B S, PINAFFI, F L V, SILVA, L A, HILSDORF, A W S. Lack of intermuscular bones in specimens of *Colossoma macropomum*: An unusual phenotype to be incorporated into genetic improvement programs, **Aquaculture**, v. 472, Suppl. 1, 57-60. 2017.
- RODRIGUES, M. L.; SANTOS, R. B.; SANTOS, E. J.S.; PEREIRA, S. M.; OLIVEIRA, A.; SOARES, E. C. (2018). Biologia populacional da carapeba listrada, *Eugerres brasilianus* (Cuvier, 1830), próximo à foz do Rio São Francisco (Brasil). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, p. 152-163, 2017.
- SAMPAIO, C.L.S., PAIVA, A.C.P & SOARES, E.C. **Peixes, pesca e pescadores do Baixo São Francisco, Nordeste do Brasil**. In: A pesca artesanal no Baixo São Francisco, atores, recursos, conflitos. Org. SOUZA, E.M. & SÁ, M.F.P. p. 105-148, 2015.
- SANT'ANA L.S., IWAMOTO A.A, CREPALDI D.V, BOAVENTURA T.P., TEIXEIRA L.V., TEIXEIRA E.A., LUZ R.K. Comparative study of the chemical composition, fatty acid profile, and nutritional quality of *Lophiosilurus alexandri* (Siluriformes: Pseudopimelodidae), a Brazilian carnivorous freshwater fish, grown in lotic, lentic, and aquaculture environments. **Neotropical Ichthyology**, v.17, n.4: e190050, 2019
- SOARES, E. C.; BRUNO, A. M.S.; DANTAS, J. M.; SANTOS, R. B. Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Baixo São Francisco, Alagoas. **Biotemas** (UFSC), v. 24, p. 61-67, 2011.
- SOARES, E. C.; PAIVA, A. C. G.; SANTOS, E. L.; PEREIRA, S. M.; ALMEIDA, E. O.; SILVA, T. J. Potential of carapeba *Eugerres brasilianus* for production. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, p. 718-725. 2016.
- SOARES, E.C.; SILVA, C. A.; CRUZ, M. A. S.; SANTOS, E. L.; SILVA, T. J.; OLIVEIRA, T. R.; PEREZ, E. R.; SILVA, R. N.; SILVA, J. V. Expedition on the Lower São Francisco: An X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 3047-3064. 2020.
- SOARES E.C., SANTOS, E.L.; VALENTIM, E.; VASCONCELOS, V.C.; TEODOSIO, R.F.; PAIVA, A.C.G.; RIAL, E.P.; BARBOSA, J.M.. A ictiofauna do Baixo São Francisco. In: SOARES, E. C.; SILVA, J. V.; NAVAS, R. O Baixo São Francisco: características ambientais e sociais. 1 ed. Maceió: EDUFAL, 2020, v.1, 129-152.
- STRAUSS, R.E. & F.L. BOOKSTEIN. **The truss: body form reconstruction in morphometrics**. Systematic Zoology, 31(2): 113-135. 1982.

VAZZOLER, A. E. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos**: Teória e prática, Maringá: EDUEM; 1996. 169p.

ZAWADZKI CH, PENIDO IDS, DE OLIVEIRA JC, PESSALI TC Rediscovery and redescription of the endangered *Hypostomus subcarinatus* Castelnau, 1855 (Siluriformes: Loricariidae) from the Rio São Francisco basin in Brazil. **PLoS ONE** v.14, n.3, 2019.

**Avaliação microbiológica de *Oreochromis niloticus*,  
*Xiphopenaeus kroyeri* e *Macrobrachium sp*  
Comercializados em feiras livres de sete municípios  
de Alagoas**

Juliett de Fátima Xavier da Silva<sup>1</sup>, Ana Paula Portela<sup>1</sup>, Heloísa de Carvalho Matos<sup>2</sup>,  
Valdenia Tavares da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Docentes do curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Unidade Educacional Penedo, Av. Beira Rio, s/n, Centro Histórico, CEP: 57200-000;

<sup>2</sup> Bióloga da Universidade Federal de Alagoas, Unidade Educacional Penedo;

<sup>3</sup> Estudante do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Alagoas, Unidade Educacional Penedo

## RESUMO

Este estudo teve a finalidade de investigar as condições microbiológicas de amostras de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e de camarões *Xiphopenaeus kroyeri* e *Macrobrachium sp* comercializados em feiras livres de sete Municípios de Alagoas, durante a III Expedição do São Francisco. Bactérias mesófilas são consideradas índices de sanidade e sua presença pode indicar que as condições de conservação da matéria-prima estão impróprias, representando condições higiênico-sanitárias inadequadas. Micotoxinas podem estar bioacumuladas no pescado e causar efeitos diretos no animal e indiretos, no consumidor. As análises foram realizadas mediante a determinação da contagem padrão de bactérias aeróbicas mesófilas e fungos filamentosos, com base no método descrito pela American Public Health Association – APHA. Os resultados mostraram que as amostras de pescado analisadas pela contagem padrão de bactérias mesófilas estavam dentro dos níveis máximos recomendados pela *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF). As amostras analisadas apresentaram o número de UFCs de fungos filamentosos dentro do limite aceitável (RDC nº 12, BRASIL 2001; IN nº 60, BRASIL, 2019). Os fungos filamentosos foram encontrados em maior abundância nas amostras dos municípios de Pão de Açúcar, Penedo e Igreja Nova. O substrato peixe com maior presença de fungos foi o de Penedo; e o substrato camarão com maior presença de fungos foi o de Pão de Açúcar. Os gêneros fúngicos *Aspergillus* e *Penicillium* foram os mais frequentes nas amostras. Portanto, faz-se necessário a adoção de boas práticas de manipulação do pescado uma vez que os produtos são comercializados em condições higiênico-sanitárias inadequadas, assim como uma maior fiscalização durante a venda desses alimentos pelos órgãos competentes.

**Palavras-chave:** Qualidade do pescado; Fungos filamentosos; Bactérias Mesófilas.

## INTRODUÇÃO

O pescado é considerado saudável devido ao seu alto valor proteico, aminoácidos essenciais e ácidos graxos poli-insaturados, além do baixo teor de gordura saturada; de fácil digestão e fonte de minerais, principalmente cálcio e fósforo, vitaminas A, D e complexo B, o que o torna um produto de alto valor nutricional (EVANGELISTA-BARRETO et al., 2017). Entretanto, a alta perecibilidade do pescado fresco favorece o crescimento microbiano devido a suscetibilidade à autólise; à oxidação de gorduras; ao pH próximo à neutralidade; elevada atividade de água nos tecidos e alto teor de nutrientes facilmente utilizáveis pelos microrganismos (OGAWA e MAIA, 1999). É facilmente encontrado em feiras livres, porém, as condições higiênico-sanitárias, muitas vezes, são insatisfatórias, podendo causar deterioração e contaminação.

Dentre as espécies mais apreciadas em feiras livres comercializadas no Baixo São Francisco destaca-se as tilápias (*Oreochromis niloticus*), o camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e o camarão de água doce (*Macrobrachium sp*) (SIMÕES et al., 2020). A tilápia é a espécie de água doce cultivada em território nacional, responsável por 57% de toda a piscicultura brasileira em 2019, com produção de 432.149 t, consolidando o Brasil na 4ª posição entre os maiores produtores de tilápia no mundo (PEIXE BR, 2020).

O camarão sete barbas é muito apreciado e utilizado na preparação de pratos típicos da culinária baiana, e segundo Santos (2010) responde por 70% da produção capturada do nordeste brasileiro. O camarão *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862), é a espécie de água doce com maior incidência no Brasil (PILLEGI, 2013, OLIVEIRA et al., 2019), portanto também muito utilizado na culinária brasileira (BARRETO et al., 2016; COSTA et al., 2016).

Apesar das feiras livres serem um dos principais espaços de comercialização varejista (JESUS, SANTOS e CARVALHO, 2018), nestes centros, os produtos estão expostos a várias situações que propiciam a sua contaminação, das quais podem ser citadas: a contaminação por meio de manipulação inadequada, exposição dos produtos em bancas e barracas sem refrigeração e sem proteção contra insetos, bem como o seu acondicionamento e armazenamento em condições inapropriadas (SILVA JÚNIOR et al., 2017), tornando-se um ambiente propício para a contaminação por microrganismos como bactérias e fungos, decorrendo em prejuízos à saúde do consumidor.

Entre as espécies bacterianas que fazem parte da microbiota natural do pescado e que são patogênicas ao homem destacam-se *Salmonella sp.*, *E. coli* patogênica,

*Staphylococcus coagulase (+)*, *Vibrio sp* e *Clostridium botulinum* (FRANCO e LANDGRAF, 1996).

A legislação brasileira, a RDC n. 12 preconiza somente limites para algumas bactérias patogênicas como estafilococos, coliformes termotolerantes e *Salmonella sp* para pescado *in natura*, resfriado ou congelado (BRASIL, 2001). Entretanto, assim como as bactérias, a investigação de fungos é imprescindível, pois podem propiciar alterações no odor e sabor dos alimentos, causando diferentes graus de deterioração através de uma contaminação cruzada acarretando perigo a saúde humana principalmente pela produção de micotoxinas (BARRETO, 2016, OLIVEIRA et al., 2019).

As micotoxinas, ao serem ingeridas podem causar micotoxicoses em animais e no homem, com efeitos carcinogênico, nefrotóxico e teratogênico (ATAYDE et al., 2014). No entanto, não existe legislação para a presença desses metabólitos em pescado destinados ao consumo humano a nível mundial. Os níveis máximos legislados são estabelecidos apenas para rações e matérias-primas empregadas diretamente ou como ingrediente de rações destinadas a animais (FAO, 1997).

Portanto, objetivou-se com este estudo, avaliar a presença de bactérias mesófilas e fungos filamentosos em tilápia (*Oreochromis niloticus*), camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) e camarão de água doce (*Macrobrachium sp*) comercializados nas feiras livres dos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido nas feiras livres dos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu, no período de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020.

Foram obtidas seis amostras de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) processadas *in loco* em todas as feiras mencionadas anteriormente, e apenas uma amostra de posta da feira de Traipu (Figura 1); uma amostra de filé de camarão sete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) da feira de Piaçabuçu (Figura 2A); uma amostra de camarão de água doce (*Macrobrachium sp*) *in natura* da feira de Penedo (Figura 2B); uma amostra de camarão de água doce defumado da feira de Pão de Açúcar (Figura 3), e três amostras de camarão de água doce cozido na água e sal das feiras de Piranhas, Igreja Nova e Porto Real do Colégio (Figuras 4 A, B e C). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis e transportadas em caixa isotérmica para o Laboratório de Tecnologia

do Pescado – LATEPE da Universidade Federal de Alagoas – UFAL para iniciar as análises microbiológicas.

Figura 1 – Tilápia (*Oreochromis niloticus*) comercializada nas feiras dos Municípios de Piranhas (A), Pão de Açúcar (B), Traipu (C), Porto Real do Colégio (D), Igreja Nova (E) e Piaçabuçu – AL (F).



Fonte: As autoras, 2020.

Figura 2 – Filé de camarão espigão (*Xiphopenaeus kroyeri*) comercializado na feira de Piaçabuçu – AL (A) e camarão de água doce (*Macrobrachium sp*) *in natura* comercializado na feira de Penedo – AL (B).



(A)



(B)

Fonte: As autoras, 2020.

Figura 3 - Camarão de água doce (*Macrobrachium sp*) defumado da feira de Pão de Açúcar – AL.



Fonte: As autoras, 2020.

Figura 4 – Camarão de água doce (*Macrobrachium sp*) cozido na água e sal das feiras dos Municípios de Piranhas (A), Igreja Nova (B) e Porto Real do Colégio – AL (C)



Fonte: As autoras, 2020.

A partir das amostras obtidas, foram realizadas análises para determinação da contagem padrão de bactérias mesófilas e identificação de fungos.

## **- ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS**

### **- Contagem padrão de Bactérias Aeróbias Mesófilas (CPBAM) Viáveis**

A contagem padrão de bactérias aeróbias mesófilas (CBAM) foi realizada com base no Método da American Public Health Association (APHA) para a análise de alimentos, descrito no Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (MORTON, 2001). A primeira etapa da análise consistiu na preparação e diluição das amostras coletadas, onde 25 g de cada amostra (Figura 6a) foi homogeneizada em 225 mL de água peptonada a 0,1%, referente à solução mãe (Figura 6b), e realizadas diluições seriadas de  $10^{-1}$  até  $10^{-3}$ . Em seguida utilizou-se a técnica de plaqueamento em profundidade (*pour-plate*), com uso de Ágar Padrão para Contagem (PCA), no qual 1 mL de cada diluição foi inoculada em profundidade em placas estéreis incubadas a  $30\text{ °C} \pm$

1,0 de 24 h. O resultado foi expresso em unidades formadoras de colônias por grama de amostra (UFC/g).

Figura 6 – Amostras de camarão e peixe para a elaboração da solução mãe (a). Amostras homogeneizadas em água peptonada (solução mãe). A: Piaçabuçu, B: Pão de Açúcar, C: Igreja Nova, D: Piaçabuçu – AL (b).



Fonte: As autoras, 2020.

#### **- Processamento para Isolamento de Fungos Filamentosos**

**Processamento das amostras:** Após lavagem superficial das amostras, foram transferidas 25g de cada amostra para um becker contendo 225 mL de água peptonada (0,1%) que correspondeu à solução original. A partir desta, foi retirado 1mL que foi transferido para um tubo de ensaio contendo 9mL de água peptonada (0,1%) (diluição  $10^{-1}$ ) e assim sucessivamente, até a diluição  $10^{-3}$ . Foi inoculado 1mL de cada diluição em placa de Petri contendo Ágar Sabouraud Dextrose (SDA-Himedia®), suplementado com Tetraciclina a  $0,1 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ , para evitar crescimento bacteriano (SILVA et al., 2007). Todos os plaqueamentos foram realizados em triplicata, utilizando a técnica de plaqueamento em superfície (*spread plate*). Em seguida, as placas foram incubadas a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e monitoradas por até 12 dias para a observação do crescimento e posterior isolamento dos fungos. A purificação dos fungos ocorreu por meio de repiques sucessivos em SDA (Himedia®).

**Identificação dos isolados:** Uma vez purificados, os isolados foram analisados macroscopicamente, quanto a morfologia da colônia, e microscopicamente por meio de observação de microestruturas, em microscópio óptico. Todos os isolados estão

preservados, sob refrigeração, para posterior identificação das espécies, por taxonomista da Micoteca (URM/UFPE).

## RESULTADOS

### - Contagem padrão de bactérias aeróbicas mesófilas

As variações das contagens de bactérias aeróbicas mesófilas em UFC/g nas sete amostras de peixe e seis amostras de camarão foram significativas entre os municípios pesquisados (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantificação de bactérias aeróbicas mesófilas, em amostras de pescado de feiras livres, em Alagoas.

Local de coleta	Mesófilas Peixe *(UFC/g)	Mesófilas Camarão *(UFC/g)
<b>Piaçabuçu</b>	5,3 x 10 <sup>3</sup>	7,0 x 10 <sup>3</sup>
<b>Pão de Açúcar</b>	67 x 10 <sup>3</sup>	25 x 10 <sup>3</sup>
<b>Penedo *</b>	INC	76 x 10 <sup>3</sup>
<b>Piranhas</b>	57 x 10 <sup>3</sup>	41 x 10 <sup>3</sup>
<b>Igreja Nova</b>	17 x 10 <sup>3</sup>	55 x 10 <sup>3</sup>
<b>P. R. Colégio</b>	4,0 x 10 <sup>3</sup>	81 x 10 <sup>3</sup>
<b>Traipu</b>	*INC	-

\* N° UFC = número de unidades formadoras de colônia; \*INC = Incontável.

As amostras de peixes apresentaram uma variação de 5,3 x 10<sup>3</sup> a 67 x 10<sup>3</sup> UFC/g, e as amostras de camarão apresentaram uma variação de 7,0 x 10<sup>3</sup> a 81 x 10<sup>3</sup>, valores estes que não puderam ser comparados com a legislação vigente (BRASIL, 2001), devido a mesma não determinar os limites de tolerância para a contagem padrão de bactérias mesófilas, apenas para bactérias patogênicas como *Salmonella sp./25g*, Coliformes termotolerantes 45 °C/g e *Estafilococos* coagulase positiva/g. Porém ressalta-se a importância da pesquisa quantitativa desses microrganismos, pois indicam as condições higiênico-sanitárias do pescado.

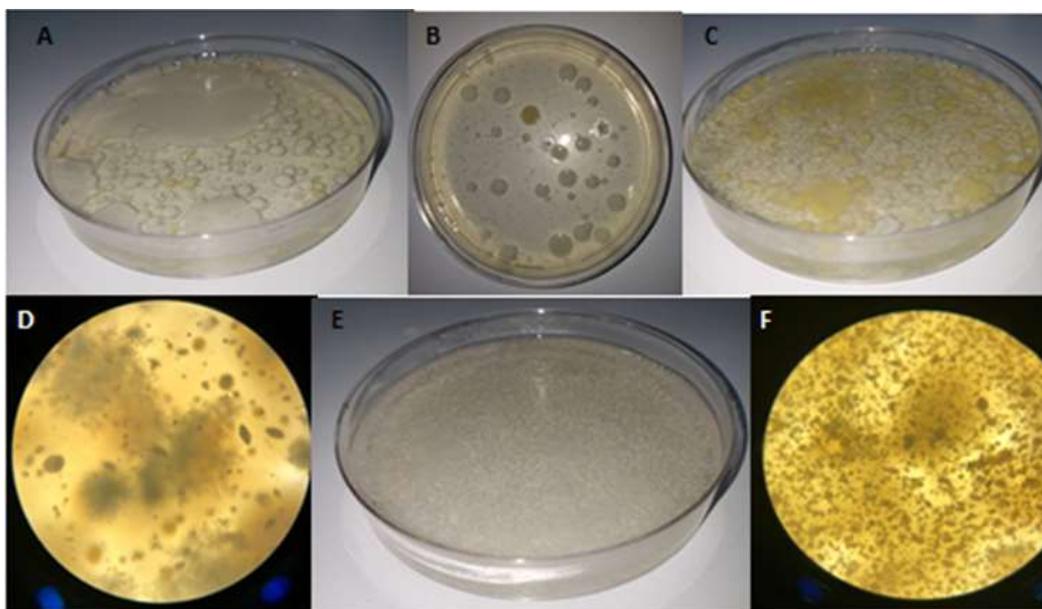
Entretanto, *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF, 1986) recomenda contagem máxima de bactérias mesófilas e psicrófilas de 10<sup>7</sup> UFCg<sup>-1</sup>. Segundo Jay (2005) e Forsythe (2002), contagens acima de 10<sup>6</sup> UFC/g por amostra, podem ser responsáveis pelo desencadeamento de doenças de

origem alimentar. De acordo com os resultados obtidos, todas as amostras (100%) apresentaram níveis inferiores a  $10^6$  UFC/g.

Souza et al., (2015) detectaram contagens de bactérias aeróbias mesófilas entre  $2,7 \times 10^3$  a  $3,6 \times 10^5$  UFC/g em sushis. Esses autores consideram que as bactérias mesófilas são índices de sanidade e sua presença indica que as condições de conservação da matéria prima são impróprias. Podendo ocorrer à contaminação excessiva da matéria-prima devido às condições inadequadas de limpeza e sanitização durante a preparação, estocagem ou transporte.

Nas amostras de peixes *in natura* e camarões também foram isoladas e verificados o crescimento das bactérias aeróbicas mesófilas (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Culturas de bactérias aeróbicas mesófilas isoladas de amostras de peixes *in natura* de feiras livres, em Alagoas. (A =  $10^{-1}$ , B =  $10^{-2}$ - Igreja Nova/AL); (C =  $10^{-1}$ - Piranhas/AL) e ( D =  $10^{-2}$ – Pão de Açúcar/AL), (E =  $10^{-1}$  – Porto Real do Colégio/AL), (F =  $10^{-1}$  – Traipu/AL), (Figura D e E aumentadas 10x).

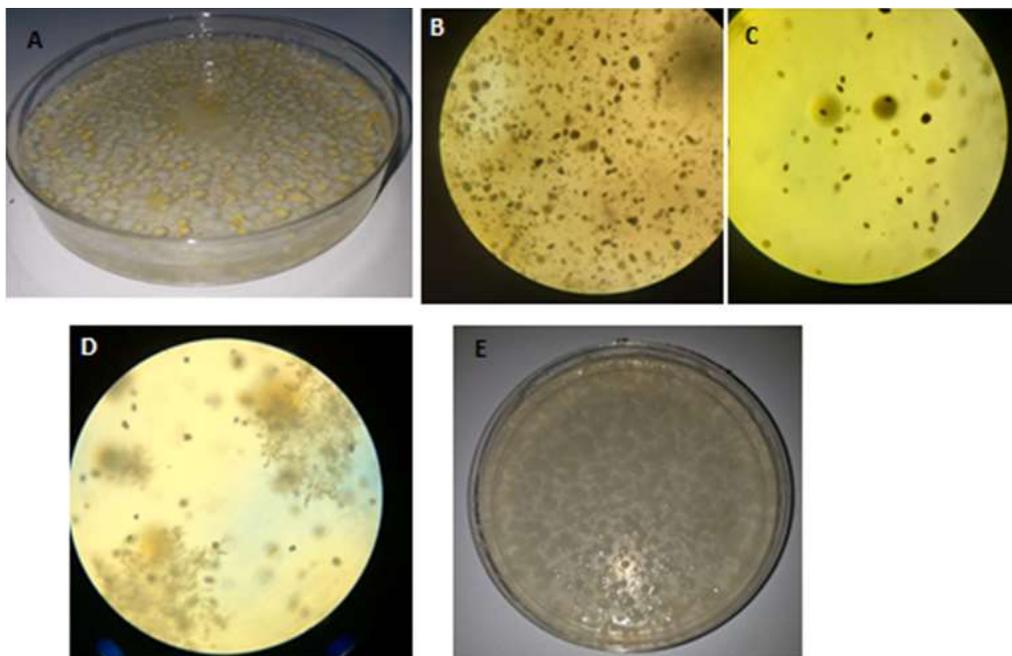


Fonte: As autoras, 2020.

A presença de bactérias aeróbicas mesófilas em peixes *in natura* podem possivelmente estar associados à microbiota do pescado, os peixes de águas tropicais tendem a ter uma microbiota mais rica em bactérias mesófilas Gram positivas (JAY, 2005). O pescado de água doce possui microbiota semelhante ao marinho, porém no pescado fluvial percebe-se uma maior presença de bactérias da família Aeromonadaceae e Enterobacteriaceae, principalmente coliformes fecais, provavelmente devido à poluição fecal dos mananciais continentais. Além das condições de conservação inadequada, ou seja, produtos não

acondicionados em gelo, e à ausência de limpeza e desinfecção das superfícies e materiais utilizados no corte dos produtos.

Figura 8 - Culturas de bactérias aeróbicas mesófilas isoladas de amostras de camarões de feiras livres, em Alagoas. (A =  $10^{-1}$ , B =  $10^{-2}$ , C =  $10^{-3}$ - Piranhas/AL); ( D =  $10^{-2}$  – Pão de Açúcar/AL), (E =  $10^{-1}$  – Porto Real do Colégio/AL), (Figura C e D aumentadas 10x).



Fonte: As autoras, 2020.

As bactérias mais associadas à microbiota dos camarões marinhos são: *Pseudomonas*, *Acinetobacter* e *Moraxella*, predominantes na deterioração da carne, além do o *Vibrio parahaemolyticus*, capaz de causar doença veiculada ao pescado (JAY, 2005). Já os camarões de água doce são mais contaminados com bactérias fecais.

A presença de sal nos camarões defumados comercializados na feira de Pão de Açúcar, bem como os níveis reduzidos de água nos próprios camarões defumados e nos camarões cozidos comercializados nas feiras de Piranhas, Igreja Nova e Porto Real do Colégio, não foram capazes de evitar o crescimento bacteriano nas amostras. Visto que esses produtos estavam expostos para a venda em recipientes plásticos sem qualquer tipo de higienização ou proteção para o pescado, deste modo, sendo um dos elementos que condicionam a propagação desses microrganismos. Mesmo o sal diminuindo a atividade de água no produto e promovendo a desidratação das células das bactérias, quando os critérios higiênico-sanitário não são atendidos na elaboração, estocagem e comercialização dos produtos, é possível ocorrer a contaminação e a multiplicação de

bactérias halotolerantes e indicadoras de ausência de higiene e de manipulação inadequada como o *Staphylococcus aureus*, assim como a proliferação de microrganismos halófilos (DA SILVA et al., 2020).

Mesmo não existindo um padrão específico na legislação vigente para a contagem padrão de bactérias mesófilas, a identificação pode servir de critério para avaliar a qualidade sanitária do pescado comercializado nas feiras livres. Vale ressaltar que também é de suma importância a investigação de bactérias indicadoras de contaminação fecal como os Coliformes termotolerantes com destaque para *Escherichia coli* e *Salmonella sp* e de microrganismos indicadores de manipulação inadequada como o *Staphylococcus aureus*, , pois a presença desses microrganismos evidenciam práticas de higiene inadequadas e fora dos padrões requeridos para o processamento de alimentos (SOUZA et al., 2015).

#### **- Processamento para Isolamento de Fungos Filamentosos**

Foram obtidas 13 amostras de pescado (peixe e camarão), das 7 cidades visitadas pela III Expedição Científica do São Francisco. Em todas as amostras houve crescimento fúngico, exceto nos plaqueamentos realizados com amostras das cidades de Porto Real do Colégio e Traipu. Nestas placas, aconteceu acelerado crescimento bacteriano que, possivelmente, impediu o crescimento de fungos e foram quantificadas as Unidades Formadoras de Colônia (UFCs), por município (Tabela 2).

Tabela 2 – Média de Unidades formadoras de colônia (UFC/g) de fungos filamentosos em amostras de pescado de feiras livres, em Alagoas.

<b>Local de coleta</b>	<b>Peixe (UFC/g)</b>	<b>Camarão *(UFC/g)</b>
<b>Piaçabuçu</b>	3,3x10 <sup>1</sup>	3,7x10 <sup>1</sup>
<b>Pão de Açúcar</b>	3,7 x 10 <sup>1</sup>	1,5x10 <sup>3</sup>
<b>Penedo</b>	2,2x10 <sup>2</sup>	4,2x10 <sup>2</sup>
<b>Piranhas</b>	3,0x10 <sup>1</sup>	3,7x10 <sup>1</sup>
<b>Igreja Nova</b>	3,7x10 <sup>1</sup>	3,8x10 <sup>2</sup>

\* N° UFCs = número de unidades formadoras de colônia.

Foram isolados 57 culturas de fungos filamentosos provenientes de feiras livres. As amostras obtidas dos municípios de Pão de Açúcar, Penedo e Igreja Nova foram as mais abundantes quanto à presença de fungos filamentosos; Piaçabuçu e Piranhas foram

os municípios com menos isolados encontrados. O substrato peixe com maior presença de fungos foi o de Penedo; e o substrato camarão com maior presença de fungos foi o de Pão de Açúcar.

Do total de isolados obtidos (14 culturas), foram identificados 3 gêneros e 5 isolados ainda sem identificação. Dentre os fungos identificados, os mais frequentes foram do gênero *Penicillium* sp (6 isolados, 42,8%), *Aspergillus* sp (2 isolados, 14,3%) e *Rhizopus* sp (1 isolado, 7,1%). Todos os isolados serão preservados, sob refrigeração, para posterior identificação da espécie, por taxonomista da Micoteca (URM/UFPE). Nas Figuras 9 e 10, estão algumas colônias e estruturas reprodutivas visualizadas em isolados.

Embora não exista legislação específica que preconize o número máximo de UFCs de fungos filamentosos (bolores) e leveduras no pescado e nem em outras carnes, nem a taxa de metabólitos produzidos por eles, pode-se considerar como referência o padrão permitido para produtos alimentícios com condições de atividade de água similares, que é de no máximo  $10^4$  UFC/g (RDC nº 12, BRASIL 2001; IN ° 60, BRASIL, 2019). Deste modo, os resultados encontrados neste trabalho demonstram níveis de contaminação aceitáveis porém, o município de Pão de Açúcar necessita de atenção especial, por estar próximo ao limite recomendado na legislação.

Figura 9- Isolados de fungos filamentosos purificados de amostras de pescado de feiras livres, em Alagoas.

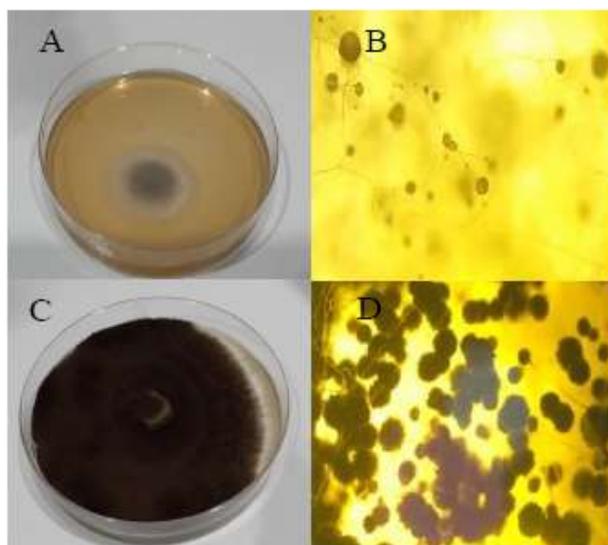


Fonte: As autoras, 2020.

Semelhante ao encontrado neste trabalho, em estudos realizados com amostras de camarão *Macrobrachium amazonicum*, em Santarém/PA, os gêneros de fungos filamentosos mais frequentes foram *Aspergillus* Micheli (29%) e *Penicillium* Link

(22%); e as amostras oriundas de feiras apresentaram maior percentual de contaminação (58%) em relação às provenientes dos supermercados (42%) (OLIVEIRA et., 2019).

Figura 10 - Culturas e estruturas reprodutivas de fungos filamentosos (aumento 10x), isolados de amostras de pescado de feiras livres, em Alagoas. (A e B= *Rhizopus* sp. Isolado de Igreja Nova/AL); (C e D= *Aspergillus* sp. Isolado de Piaçabuçu/AL).



Fonte: As autoras, 2020.

A presença de microrganismos no pescado é preocupante devido às toxinas produzidas que podem causar diminuição do crescimento, queda na alimentação, aumentar a suscetibilidade à doenças, além do efeito de bioacumulação dessas toxinas no tecido muscular, podendo causar contaminação humana indireta (ATAYDE et al., 2014).

Dentre os fungos, espécies toxigênicas pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* são as principais responsáveis pela síntese de toxinas. Dentre as principais micotoxinas, destacam-se aflatoxina, Ocratoxina e fumonisina (SUN et al., 2015; SCHMIDT-HEYDT et al., 2012; MUNAWAR et al., 2019, apresentando efeito hepatotóxico, carcinogênico, nefrotóxico e teratogênico, em animais e humanos.

## CONCLUSÕES

Os resultados demonstram a importância de investigar a presença de microrganismos no pescado comercializado em feiras livres, buscando garantir condições apropriadas de manuseio e conservação do mesmo.

Mesmo não existindo um padrão específico na legislação vigente, as amostras analisadas de contagem padrão de bactérias mesófilas estavam dentro dos níveis máximos recomendados pela *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF). Contudo foi possível identificar níveis de contaminação, mesmo que aceitáveis, e, portanto é imprescindível que haja maior critério dos métodos de higiene utilizados na comercialização, além de normas para a venda do pescado em feiras livres.

A maior ocorrência dos gêneros fúngicos *Aspergillus* e *Penicillium*, conhecidos como potenciais produtores de micotoxinas, serve de alerta para a necessidade de ações de educação e saúde junto à comunidade pesqueira e de feirantes, dos municípios de Alagoas. O município de Pão de Açúcar, principalmente, por estar próximo ao limite aceitável de bolores recomendados, visando às boas práticas de conservação e manuseio e a promoção da saúde do consumidor final.

É importante salientar que o consumo de pescados contaminados é um importante veículo de infecções e intoxicações alimentares, evidenciando a necessidade de treinamentos para os manipuladores através de cursos de capacitação de boas práticas de manipulação do pescado. Assim como uma maior fiscalização durante a comercialização desses alimentos pelos órgãos competentes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), ao Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBSF), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) e a todas as instituições que apoiaram o projeto para que a III Expedição do São Francisco pudesse acontecer.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ATAYDE, H.M.; OLIVEIRA, I.M.A.; INHAMUS, A.J.; TEIXEIRA, M.F.S. Fungos toxigênicos e micotoxinas na alimentação de peixes: uma revisão. **Scientia Amazonia**, v. 3, n.3,59-71, 2014

BARRETO, N. S. E.; SILVA, R. A. R.; CERQUEIRA, N. B.; FARIAS, F. P. A.;

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- ANVISA **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Resolução RDC nº 12, de 2/01/2001, Brasília, DF: Diário Oficial da União, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA- ANVISA **Padrões Microbiológicos de Alimentos, com Exceção dos Alimentos Comercialmente Estéreis**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 60, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2019 (Publicada no DOU nº 249, de 26 de dezembro de 2019).

BRASIL. Ministério da Saúde. Anexo XX - **Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade**. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017b. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União. Brasília, DF.

COSTA, D. A. S.; MARTINS, J. C.; SILVA, K. C. A.; KLATAU, A. G. C. M.; CINTRA, I. H. A. Seletividade do matapi nas capturas de *Macrobrachium amazonicum* no baixo Rio Tocantins, Amazônia, Brasil. **Boletim do Instituto da Pesca**, v.42, n.2, p.403-417, 2016.

DA SILVA, J. B.; WANZELER, É.; GUEDES, R. M.; PRAZERES, A. R., MESCOUTO, L. G. B.; DA SILVA, E. V. C.; DA SILVA, N.; DANTAS, V. V. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 6681-6692, feb. 2020.

EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; DAMACENA, S. S., CARDOSO, L. G., MARQUES, V. F., Silva, I. P. Condições higiênicas sanitárias e grau de frescor do pescado comercializado no mercado de peixe em Cachoeira, Bahia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.11, n.1, p. 60-74, 2017.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 181 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (1997). **Worldwide regulations for mycotoxins 1995 - a compendium FAO food and nutrition paper**. 1 ed. FAO, Roma, 64p.

FORSYTHE, S. J. Microbiologia da segurança alimentar. Trad. Maria Carolina Minardi Guimarães e Cristina Leonhardt – Porto Alegre: Artmed, 2002.

JAY, J. M. Microbiologia de alimentos. 6º ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JESUS, T. B.; SANTOS, T. N.; CARVALHO, C. E. V. Aspectos da comercialização do pescado em feiras livres do município de Feira de Santana – BA. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v.7, n.2, p.159-179, 2017.

MORTON. R.D. Aerobic plate count. In: DOWNES, F. P., and K. ITO (ed.), *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, 4th ed. American Public Health Association, Washington, D. C, 2001. Chapter 7, p.63-67.

MUNAWAR, H.; KARIM, K.; PILETSKY, S.A. (2019). Utilization of synthetic antibody for fumonisin determination in feed and food. **Wartazoa**: 29(2): 51-60.

OGAWA, M., Características específicas do pescado, In: OGAWA, M.; MAIA, E. L. Manual de Pesca. São Paulo: Livraria Varela, cap.2, p.09-15, 1999.

OLIVEIRA, C.E.S; CANTO, E.S.M.; FERNANDES, G.S.T.; SILVA, N.S.; NOGUEIRA, M.J.M. **Diversidade fúngica presentes em amostras de camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) (Decapoda,Palaemonidae) salgado e seco comercializado em Santarém-Pará**. Scientia Amazonia, v. 8, n.2, CAm45-CAm55, 2019.

PEIXE BR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA - ANUÁRIO Peixe BR da Piscicultura. 2020. Disponível em <<https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2020>> Acesso em: jan. de 2020.

PILLEGI, L. A.; MAGALHÃES, C. B. B.; MARETO, F. L. New Records and extension of the Known distribution of some fresh water shrimps in Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidade*, v. 84, n. 2, p. 563-574, 2013.

SANTOS, M. C. F. Ordenamento da pesca de camarões no nordeste do Brasil. *Bol. Téc. Cient. CEPENE, Tamandaré - PE* - v. 18, n. 1, p. 91-98, 2010.

SCHMIDT-HEYDT, M.; GRAF, E.; STOLL, D.; GEISEN, R. (2012). The biosynthesis of ochratoxin A by *Penicillium* as one mechanism for adaptation to NaCl rich foods. **Food Microbiology**, 29(1): 233-241.

SILVA, N. et al. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. 4ª Edição, Editora Varela. São Paulo, 2007.

SILVA JUNIOR, A. C. S.; FERREIRA, L. R.; FRAZÃO, A. S. Avaliação da condição higiênico-sanitária na comercialização de pescado da feira do produtor rural do buritizal, Macapá-Amapá. **LifeStyle Journal**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 71-81, 2017.

SIMÕES, T. I. R., PEREIRA, J. S., SILVA, J.X. Relatório da II Expedição do Baixo São Francisco, 2020. ISSN: 978-65-991634-0-1.

SOUZA, T. J. F. F.; SILVA, J. N.; SILVA FILHO, C. R. M.; SANTOS, J. G. **Microorganismos de interesse sanitário em sushis**. Rev Inst Adolfo Lutz. 74 (3) :274-9, 2015.

SUN, W.; HAN, Z.; AERTS, J.; NIE, D.; JIN, M.; SHI, W.; ZHAO, Z.; SAEGER, S.; ZHAO, Y.; WU, A. (2015). A reliable liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for simultaneous determination of multiple mycotoxins in fresh fish and dried seafoods. **Journal of Chromatography**, 1387(1): 42-48.

Carlos A. da Silva<sup>1</sup>, <sup>2</sup>Hortência L. P. de Santana, <sup>2</sup>Ester Milena dos Santos, <sup>2</sup>Romulo André Santos Silva, <sup>3</sup>Marcos Vinícius Teles Gomes, <sup>2,4</sup>Carlos Alexandre B. Garcia, <sup>1</sup>Marcus Soares Cruz, <sup>2,4</sup>Silvânio S. L. da Costa

<sup>1</sup>*Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe;*

<sup>2</sup>*Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe;*

<sup>3</sup>*Codevasf 5ª Superintendência Regional – Alagoas;*

<sup>4</sup>*Departamento de Química, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe.*

## INTRODUÇÃO

Na busca por hábitos alimentares mais saudáveis e sustentáveis, o consumo de peixes é considerado essencial para alcançar esse objetivo (DEBOER, SCHÖSLER E AIKING, 2020). Esses animais são fontes de proteína de alta qualidade, e ao contrário do que ocorre nas carnes vermelhas possuem baixa concentração de gorduras saturadas e são ricos em ômega 3, vitaminas e minerais essenciais na dieta humana (DOMINGO *et al.*, 2007; NESTEL *et al.*, 2020). Segundo a Associação Americana do Coração (AHA) - do inglês, American Health Association - ingerir pelo menos duas porções de peixe na semana pode melhorar a saúde do coração e reduzir o risco de doenças cardíacas, sobretudo doença arterial coronariana e acidente vascular cerebral (RIMM *et al.*, 2018; LI *et al.*, 2020).

Os ácidos graxos ômega 3 de cadeia longa, ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA), encontrados nos pescados são vitais para manutenção da saúde humana, sendo responsáveis por reduzir a pressão arterial e frequência cardíaca, melhorar a função dos vasos sanguíneos, diminuir os níveis de triglicerídeos e aliviar inflamações no corpo, além de poderem ajudar no desenvolvimento neurológico (MOZAFFARIAN e RIMM, 2006; LIN *et al.*, 2019; JAMSHIDIA *et al.*, 2020; NESTEL *et al.*, 2020). E, embora esses nutrientes possam ser encontrados em alimentos de origem vegetal, nenhum é tão completo quanto ao disponível nos peixes (NESTEL *et al.*, 2020).

Por outro lado, ainda que este alimento contenha nutrientes essenciais e promova os benefícios supracitados, há também uma preocupação quanto a serem uma potencial fonte de contaminantes, como mercúrio, cádmio, chumbo e arsênio, prejudiciais aos seres

vivos (DOMINGO *et al.*, 2007; CASTRO-GONZÁLEZ e MÉNDEZ-ARMENTA, 2008; FERNANDES *et al.*, 2012). Embora trate-se de metal extremamente tóxico, o mercúrio mesmo a níveis tão baixos quanto da ordem do pico-grama por grama, não apresenta informações totalmente conhecidas sobre a ciclagem e sua transformação no ambiente e na cadeia trófica.

As contribuições naturais do Hg para o ambiente são atividade vulcânica e incêndios florestais, enquanto que as antropogênicas mais significativas incluem a mineração, a queima de combustíveis fósseis e a fundição de Pb, Cu e Zn (BOENING, 2000). Diversas formas do mercúrio ocorrem naturalmente sendo mais comum o mercúrio metálico, sulfeto de mercúrio (HgS), cloreto de mercúrio (HgCl<sub>2</sub>) e metilmercúrio ([CH<sub>3</sub>Hg]<sup>+</sup>) (ACQUAVITA *et al.*, 2018). A contaminação com Hg é muito mais grave do que com outros metais devido a sua alta dissipação via atmosférica sendo considerada uma das principais vias de dispersão do Hg para o ambiente (TRAVNIKOV; RYABOSHAPKO, 2002) podendo atingir áreas remotas por todo planeta.

Pequenas concentrações de mercúrio são potencializadas pela capacidade de metilação de certos microorganismos, majoritariamente por bactérias sulfato redutoras, e sucessivas transferências tróficas da forma orgânica, que podem transformar o mercúrio inorgânico em formas orgânicas sendo a mais importante o metilmercúrio (MeHg) que pode biomagnificar no topo da cadeia trófica (MALVANDI; ALAHABADI, 2019). Em peixes carnívoros, o MeHg, representa cerca de 90% do mercúrio total (MALINOWSKI, 2019) e é considerada a principal delas em termos de efeitos tóxicos para saúde humana (JEWETT; DUFFY, 2007).

A acumulação do mercúrio em solução pelos organismos unicelulares e o fitoplâncton efetua-se primeiro pela difusão passiva das formas neutras e o transporte ativo das formas ionizadas através das membranas celulares (MOYE *et al.*, 2002). A bioacumulação no fitoplâncton é o processo inicial de transferência deste metal ao longo da cadeia alimentar aquática. Nos elos sucessivos, a dieta é um componente decisivo nos mecanismos de amplificação do teor de Hg em tecidos animais.

O aspecto preocupante é a capacidade do Hg de se acumular nos organismos ao longo da cadeia alimentar e apresentar elevadas concentrações podendo magnificar-se no topo da cadeia. Um aumento na concentração do Hg é observado a partir de peixes planctônicos em direção aos peixes carnívoros, sendo que os consumidores de topo de cadeia tais como tucunaré, pirarucu e atum, apresentam os maiores teores de Hg (ADAMS, 2004; LACERDA, 1994 *et al.*; MAURICE-BOURGOIN, *et al.*, 2001).

Os níveis elevados de mercúrio encontrados em peixes de alto nível trófico tem causado muita preocupação devido aos graves problemas de toxicidade deste metal em seres humanos causados pelo consumo de pescado contaminado. A exposição do homem ao mercúrio está associada ao desenvolvimento de distúrbios neurológicos, gastrointestinais, renais, dermatológicos, cardiovascular e imunitários, e implicação na formação do feto em mulheres grávidas (AHMAD et al., 2015; JEWETT; DUFFY, 2007; ZAHIR et al, 2005). O consumo de peixes é o principal meio de absorção de Hg pelos humanos (ANUAL et al, 2018; BONSIGNORE et al., 2013).

A relação risco-benefício do consumo de pescado ocorre principalmente porque grandes taxas de resíduos e poluentes derivados das atividades antropogênicas são diariamente despejados ou descartados em ambientes aquáticos, deixando-os sujeitos a presença de enormes quantidades de substâncias tóxicas, que são bioacumuladas nos organismos e passadas através da cadeia alimentar (SCHENONE, VACKOVA e CIRELLI, 2014; SROY *et al.*, 2021). Os teores encontrados nos animais expostos a esse meio dependem de fatores como comprimento, hábitos alimentares, nível na cadeia trófica, tempo de vida, localização geográfica e espécie.

Deste modo, diversas legislações e organizações buscam avaliar e estabelecer limites de concentrações seguros de serem consumidos sem causar danos à saúde dos indivíduos (SCHENONE, VACKOVA e CIRELLI, 2014). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) responsável pela fiscalização de contaminantes em alimentos, determinou na Resolução ANVISA Nº 42 de 29 de agosto de 2013 o Limite Máximo de Tolerância (LMT) de mercúrio em peixes de 0,5 mg/kg para não carnívoros e 1,0 mg/kg para carnívoros (ANVISA, 2013).

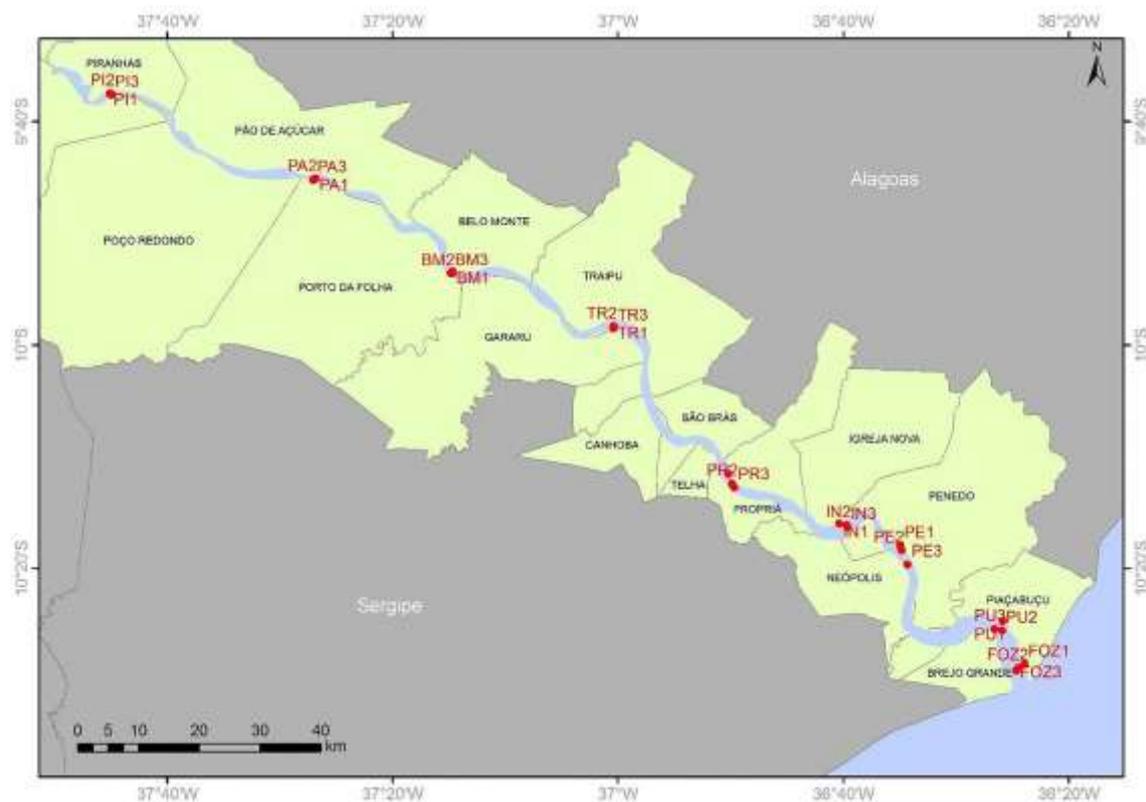
O conhecimento sobre o potencial risco do consumo de peixes que possam apresentar teores de mercúrio acima dos LMT é de suma importância para subsidiar as agências de saúde e de vigilância sanitária sobre as recomendações dos níveis seguros de consumo em particular para crianças, mulheres grávidas e também lactantes. Adicionalmente, como apenas o LMT não é suficiente para caracterizar o potencial perigo a saúde humana, neste trabalho também será calculada o quociente de risco (QR) proposto pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1989) para o mercúrio que associam os teores encontrados com a frequência de ingestão de pescado e tamanho da porção ingerida. Assim, o objetivo dessa pesquisa é determinar os níveis de mercúrio presentes na carne (tecido muscular) das mais variadas espécies de peixes capturados ao

longo do percurso do Baixo São Francisco e averiguar se estão dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira.

## METODOLOGIA

A área de estudo localiza-se na região do Baixo São Francisco (BSF) entre os estados de Sergipe e Alagoas, abrangendo uma extensão do rio São Francisco de cerca de 140 km entre os municípios alagoanos de Pão de Açúcar, Piranhas, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e os municípios sergipanos de Brejo Grande e Propriá, além da foz na divisa entre os dois estados, conforme os pontos de coleta referenciados (Figura 1).

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de peixes na região do Baixo São Francisco.



Fonte: Dados dos autores (2020).

A coleta dos peixes (Figura 2) foi conduzida pelos pesquisadores com auxílio dos pescadores locais em barcos com motor de 5 Hp, utilizando-se tarrafas de 6 metros e redes de emalhar de 30, 40 e 50 mm de 100 metros e, dispostas no rio segundo orientação dos pescadores em diferentes pontos de coleta no BSF. Os peixes foram identificados de acordo com Britski *et al.* (1988), Barbosa *et al.* (2017) e Lessa e Nóbrega (2000).

Figura 2. Exemplar de robalo *Centropomus parallelus* coletado na III Expedição do BSF.



Logo após a captura e identificação dos peixes, ainda a bordo foram retiradas porções do músculo da região laterodorsal de cada exemplar cuja quantidade variou entre 10g – 150g a depender do tamanho do animal (Figuras 3 e 4).

Figura 3. Estação de trabalho a bordo durante a III Expedição do BSF.



As amostras foram acondicionadas em coletores plásticos e refrigeradas (Figura 5), sendo posteriormente transportadas em caixas térmicas para o Laboratório de Estudos e Impactos Ambientais (LabEIA) na Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, SE, e mantidas em freezer a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Todo o material utilizado para coleta e armazenamento das amostras foram previamente lavados com detergente neutro, imersos em banho ácido de HCl 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água ultrapura ( $18\text{ }\mu\Omega$ ).

Figura 4. Biometria e filetagem dos peixes coletados.



Figura 5. Amostras de pescados úmidas etiquetadas e armazenadas em coletores plásticos.



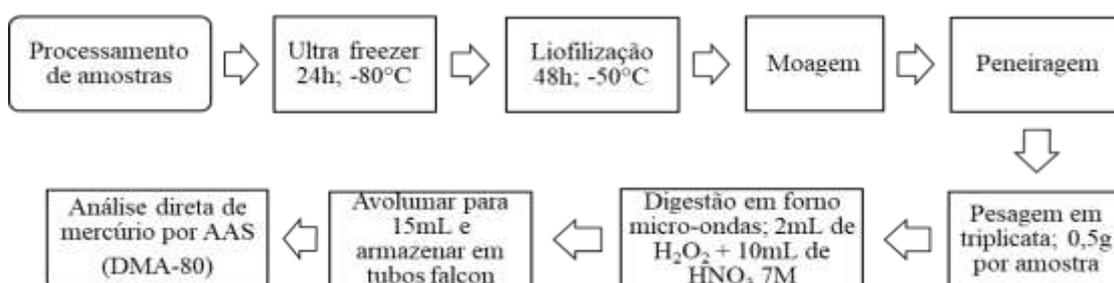
Dando sequência ao procedimento, as amostras foram separadas em grupos de acordo com as espécies, pesadas e estocadas em ultra freezer a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 h para então serem liofilizadas por 48 h utilizando o liofilizador Liotop modelo L101, vácuo final de  $3,7\text{ }\mu\text{Hg}$ . Em seguida, foram trituradas em um mixer doméstico e passadas por peneiras de nylon a fim de se obter um material homogêneo (Figura 6). Vale assinalar que para evitar a contaminação cruzada entre espécies a cada trituração todo material foi lavado conforme descrito em Silva et al, 2019.

Figura 6. A: Trituração e peneiramento de amostras liofilizadas de pescados. B: Amostras acondicionados em sacos plásticos.



As etapas do processo de análise e a determinação da concentração de mercúrio total deu-se por espectrometria de absorção atômica, utilizando-se o analisador direto de Mercúrio (DMA-80, Milestone, Itália), de acordo com o método Usepa 7473, recomendado pela United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2007) (Figura 7).

Figura 7. Fluxograma das etapas do processo de análise de mercúrio total em peixes.



As concentrações médias de mercúrio de cada espécie foram utilizadas para estimar o quociente de risco (QR), associado ao consumo de pescado. A equação (1) para esse cálculo foi proposta pela Usepa (1989):

$$QR = \frac{FE \times DE \times TI \times C}{DOR \times PMC \times TE} \times 10^{-3}$$

onde FE é a frequência de exposição ( $365 \text{ dia ano}^{-1}$ ); DE é duração de exposição (70 anos) equivalente à estimativa média da vida humana; TI é a taxa de ingestão de pescado ( $36 \text{ g pessoa}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ); C é a concentração do metal no peixe ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (USEPA, 1989); DOR é a dose oral de referência do Hg =  $0,5 \times 10^{-3} \mu\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (USEPA, 2010); PMC é o peso médio corporal de um adulto (70 Kg); TE é o tempo médio de exposição para não cancerígeno ( $365 \text{ dia ano}^{-1} \times \text{DE}$ ).

Na avaliação de risco, é assumido que a ingestão oral do contaminante é igual à dose absorvida pelo organismo humano e que, ao cozinhar o peixe, não se altera a concentração ou a toxicidade do contaminante (USEPA, 1989). É definido que, para valores de  $\text{QR} < 1$ , não há risco apreciável para determinado poluente, e se o QR for  $> 1$ , há um risco iminente ao continuar consumindo peixe com essa frequência (STORELLI, 2008).

## RESULTADOS

No estudo das concentrações de mercúrio presentes nos peixes do Baixo São Francisco coletados nas Expedições Científicas do Baixo São Francisco em 2018, 2019 e 2020 foram analisadas 13 (treze) espécies de peixes (Tabela 1).

A maior concentração de mercúrio observada nos peixes do Baixo São Francisco (BSF) foi de  $0,27 \text{ mg/Kg}$  no bagre *Cathorops spixii*, espécie invasora marinha capturada na região da foz do rio São Francisco e a menor de  $0,004 \text{ mg/Kg}$  no pacu-disco *Metynnis maculatus*, espécie nativa de hábito alimentar onívora e de ampla ocorrência ao longo do BSF. Os resultados do presente estudo estão de acordo com os valores encontrados nos peixes do rio Jaguaribe, CE que variaram entre  $0,013 \pm 0,002$  e  $0,256 \pm 0,198 \text{ mg/kg}$  em treze diferentes espécies (MOURA et al., 2018).

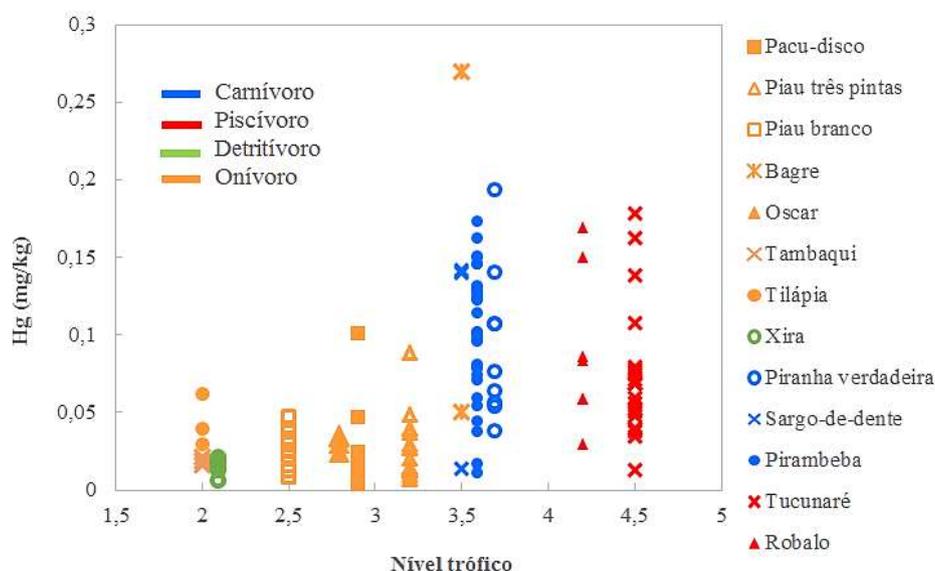
Os peixes piscívoros tucunaré e robalo e os peixes carnívoros piranha verdadeira e pirambeba, de elevado nível trófico, apresentaram as maiores concentrações de Hg do que os onívoros e detritívoros. Nos piscívoros, o maior teor de Hg de  $0,18 \text{ mg/kg}$  foi encontrado no tucunaré e nos carnívoros foi de  $0,19 \text{ mg/kg}$  observado na piranha verdadeira (Figura 8).

Tabela 1. Classificação, habitat e hábito alimentar dos peixes coletados no Baixo São Francisco nas Expedições Científicas em 2018, 2019 e 2020.

Nome vulgar	Família	Nome científico	Habitat	Hábito alimentar
Apaiari ou Oscar	Cichlidae	<i>Astronotus ocellatus</i>	Bentopelágico	Onívoro

<b>Bagre</b>	Ariidae	<i>Cathorops agassizii</i>	Bentônico	Onívoro
<b>Curimatã-pacu (xira)</b>	Prochilodontidae	<i>Prochilodus argenteus</i>	Bentopelágico	Detritívoro
<b>Pacu-disco</b>	Serrasalminidae	<i>Metynnis maculatus</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Piau branco</b>	Anastomidae	<i>Schizodon knerii</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Piau três pintas</b>	Anastomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Pirambeba</b>	Serrasalminidae	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Bentopelágico	Carnívoro
<b>Piranha verdadeira</b>	Serrasalminidae	<i>Pygocentrus piraya</i>	Pelágico	Carnívoro
<b>Robalo</b>	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	Demersal	Piscívoro
<b>Sargo-de-dente</b>	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	Associado a recifes	Carnívoro
<b>Tambaqui</b>	Characidae	<i>Colossoma macropomum</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Tilápia</b>	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Tucunaré</b>	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	Bentopelágico	Piscívoro

Figura 8. Níveis de Hg (mg/kg peso úmido) e nível trófico em treze espécies de peixes do Baixo São Francisco coletados nas Expedições científicas em 2018, 2019 e 2020.



Com esses dados, foi possível observar uma tendência geral do aumento da concentração de mercúrio com o nível trófico já que o mercúrio se acumula ao longo da cadeia alimentar (AHMAD et al., 2015; SILVA et al, 2021).

Em relação aos peixes piscívoros tucunaré e robalo (Figuras 9 e 10) e carnívoros piranha vermelha e pirambeba (Figuras 11 e 12) foi observado uma correlação positiva entre a concentração de Hg e o peso corporal dos exemplares coletados..

Figura 9. Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de tucunaré *Cichla monoculus*.

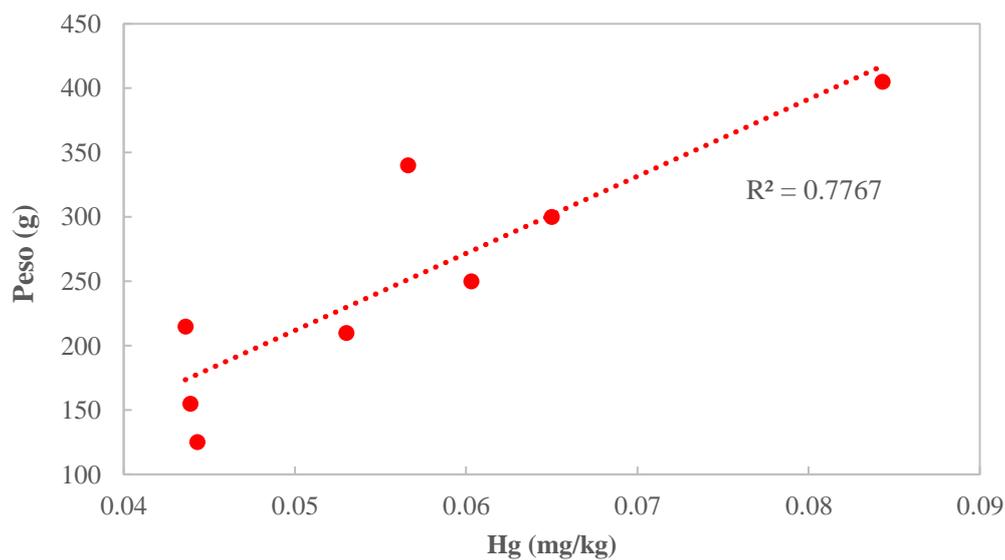
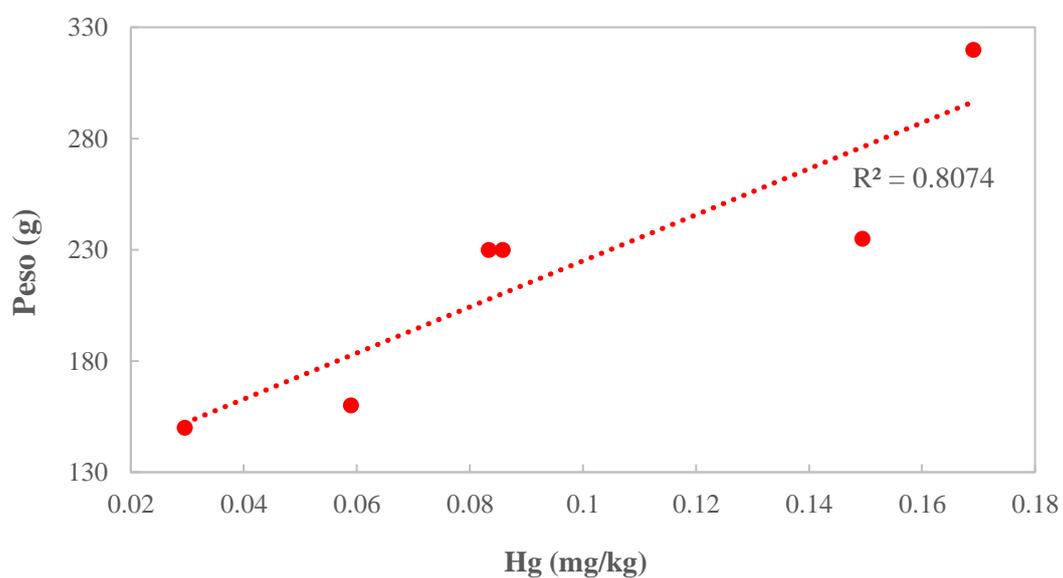


Figura 10. Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de robalo *Centropomus parallelus*



Em relação aos peixes onívoros pacu-disco e piau tres pintas (Figuras 13 e 14) não foi observado nenhuma correlação entre a concentração de Hg e o peso corporal dos exemplares coletados.

Figura 11. Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de piranha verdadeira *Pygocentrus piraya*

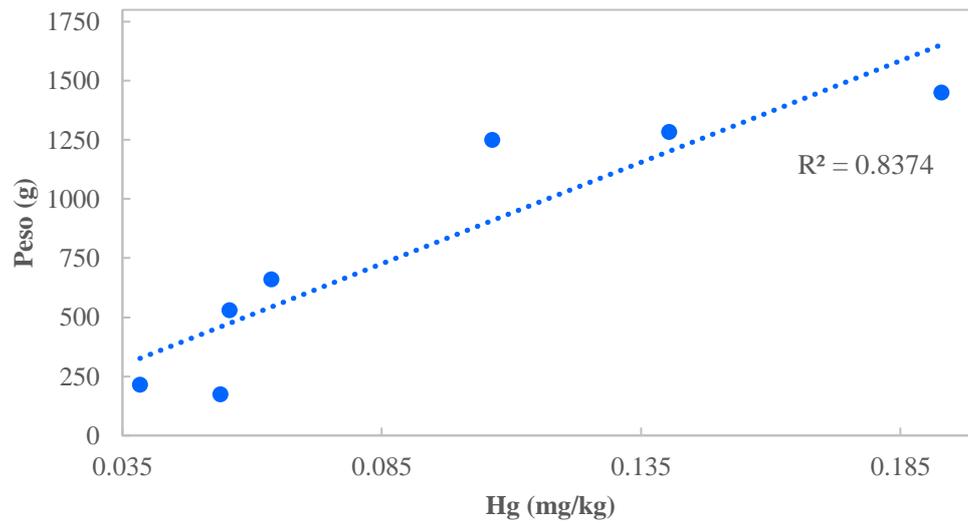


Figura 12. Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de pirambeba *Serrasalmus brandtii*

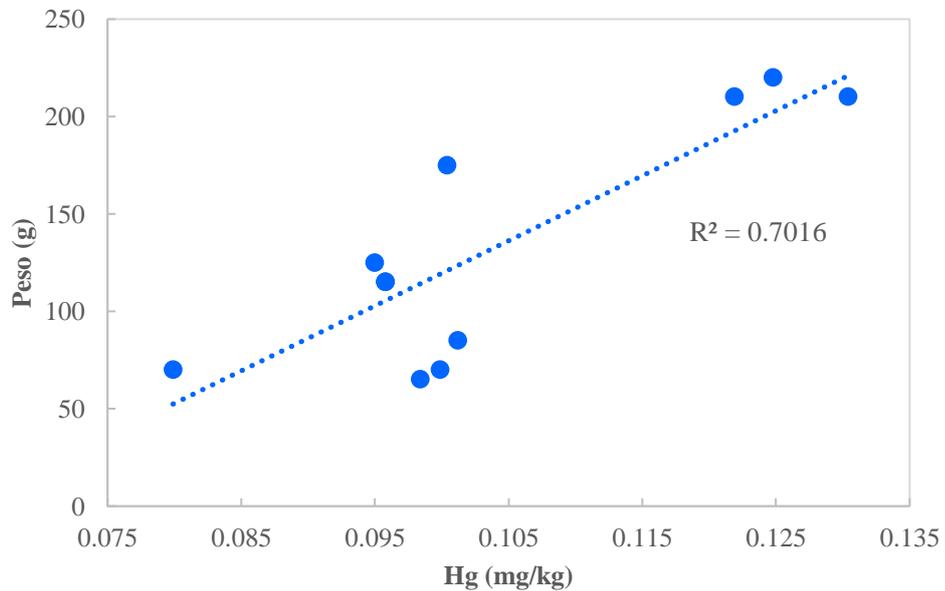


Figura 13. Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de pacu-disco *Metynnis maculatus*.

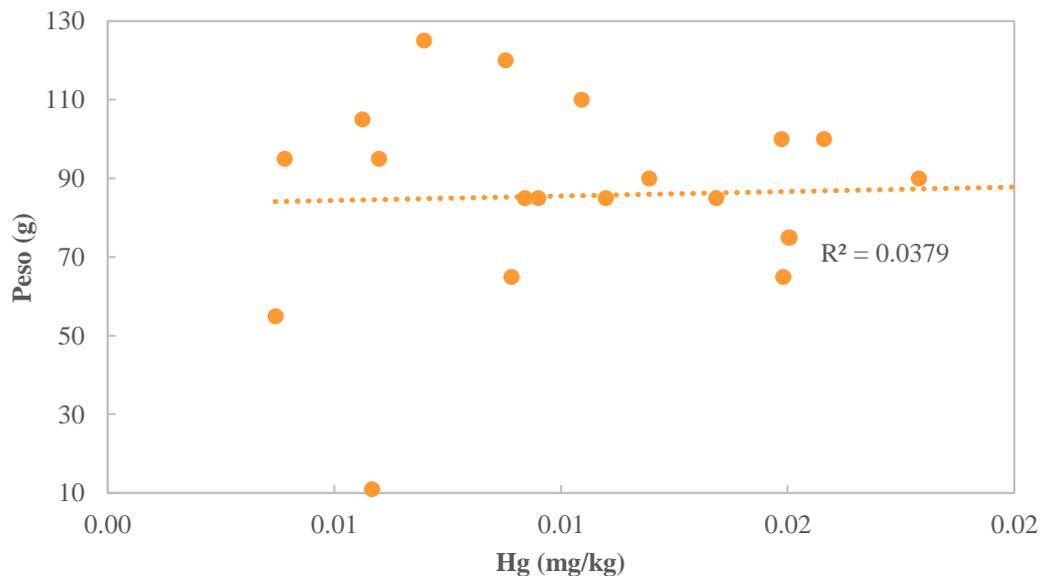
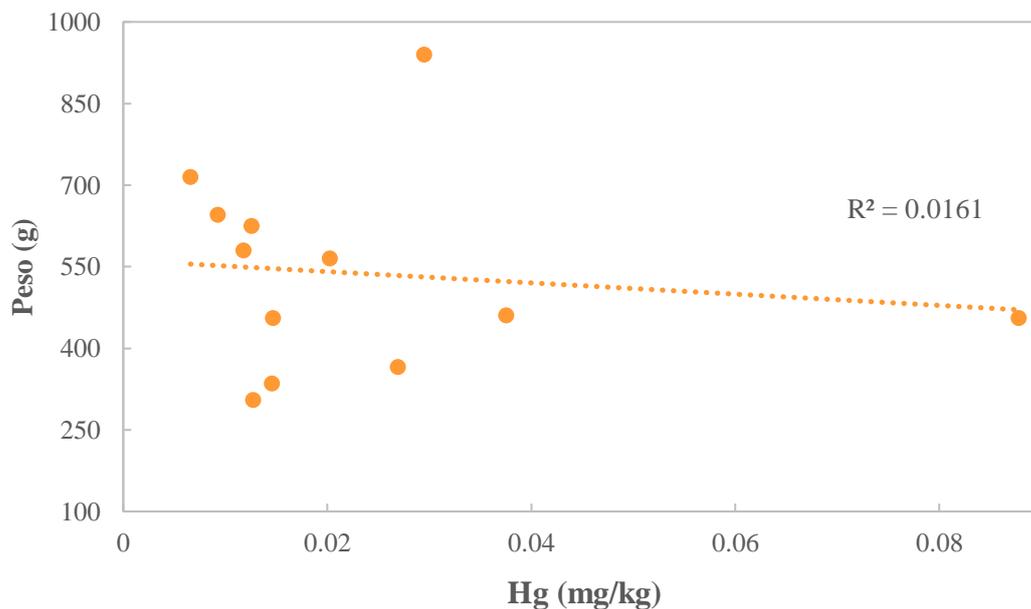


Figura 14. Relação entre a concentração de mercúrio e o peso corporal em tecido muscular de piau tres pintas *Megaleporinus obtusidens*.

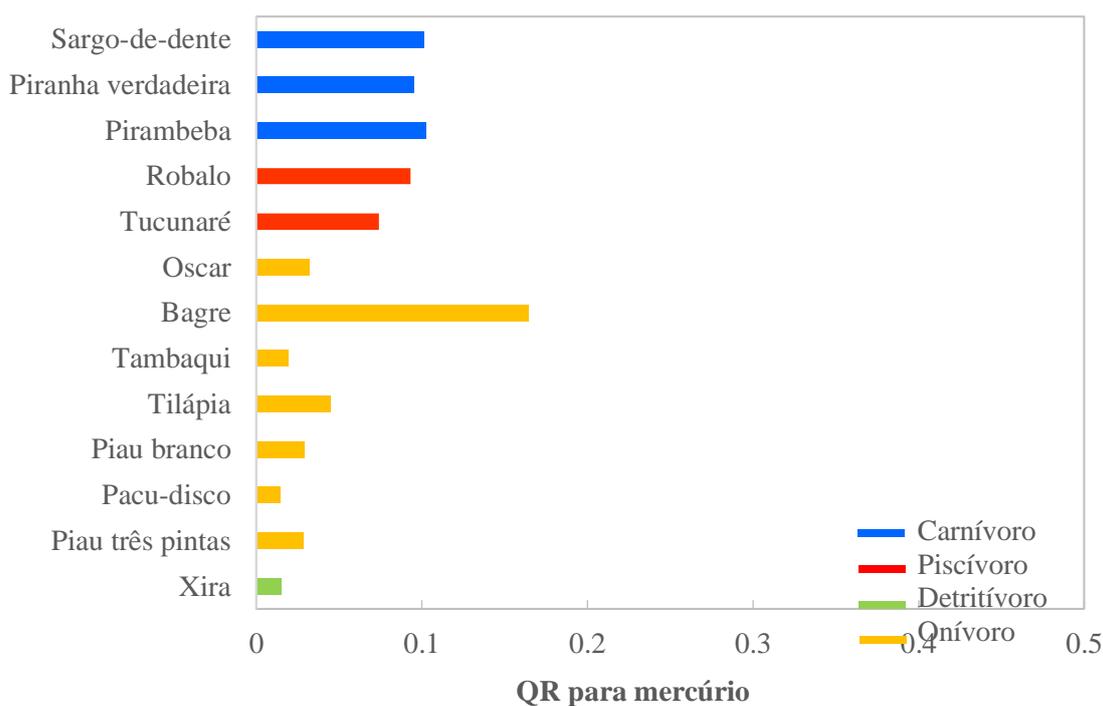


Os resultados permitiram avaliar se os peixes capturados na região do Baixo São Francisco estão de acordo com os parâmetros da legislação brasileira em relação aos LMT do mercúrio. Todos os exemplares das treze espécies avaliadas apresentaram concentrações de mercúrio abaixo do LMT de 0,5 mg/kg para espécies não carnívoras e 1,0 mg/Kg para carnívoros (ANVISA, 2013). Esta análise é de fundamental importância

para que tanto a população ribeirinha, que dependem da ingestão direta dessa valiosa fonte de proteína para sua segurança alimentar, quanto à oferta desse pescado aos demais consumidores via comercialização, ambos tenham acesso às informações sobre os potenciais benefícios e riscos aos quais estão sendo expostos.

Em relação ao Quociente de Risco (QR) do mercúrio associado ao consumo de pescado, nenhuma das espécies avaliadas apresentaram  $QR > 1$  que significa que não apresentam potencial risco para a saúde humana (Figura 15).

Figura 15. Quociente de risco do mercúrio em treze espécies de peixes do Baixo São Francisco.



## CONCLUSÕES

O mercúrio avaliado nos peixes do Baixo rio São Francisco coletados nas Expedições Científicas de 2018, 2019 e 2020 apresentaram concentrações médias na seguinte ordem decrescente: Bagre > Pirambeba > Sargo-de-dente > Piranha verdadeira > Robalo > Tucunaré > Tilápia > Oscar > Piau branco > Piau três pintas > Tambaqui > Pacu-disco > Xira

Os níveis de mercúrio encontradas no tecido muscular dos peixes não apresentam risco à saúde humana associada ao consumo dessas espécies com base nos Limites Máximos de Tolerância.

No geral, espera-se que o conjunto das observações realizadas pelas demais áreas de pesquisa que integram a Expedição permita a construção de um panorama amplo da saúde do rio e da ictiofauna, associando aspectos fisiológicos e histológicos examinados em diferentes órgãos dos peixes juntamente com os parâmetros físicos e químicos da água, solo e sedimentos. Assim, pode-se rastrear a origem de possíveis contaminantes e, conseqüentemente, oportunizar a busca por soluções viáveis e medidas mitigadoras desses impactos.

## REFERÊNCIAS

ACQUAVITA, A., BETTOSO, N. Mercury and selenium in the grass goby *Zosterisessor ophiocephalus* (Pisces: Gobiidae) from a mercury contaminated Mediterranean lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, 135, 75–82, 2018.

ADAMS, D. H. Total mercury levels in tunas from offshore waters of the Florida Atlantic coast. **Marine Pollution Bulletin**, v.49, n.7-8, p.659-663, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução nº 42 de 29 de ago. 2013. Dispõe sobre o regulamento técnico Mercosul sobre limites máximos de contaminantes inorgânicos em alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 ago. 2013. Seção 1, p. 33-35.

AHMAD, N.I., NOH, M.F.M., MAHIYUDDIN, W.R.W., JAAFAR, H., ISHAK, I., AZMI, W.N.F.W., et al. Mercury levels of marine fish commonly consumed in Peninsular Malaysia. **Environ. Sci. Pollut. Res.** 22, 3672–3686, 2015.

ANUAL, Z.F., MAHER, W., KRIKOWA, F., HAKIM, L., AHMAD, N.I., FOSTER, S. Mercury and risk assessment from consumption of crustaceans, cephalopods and fish from West Peninsular Malaysia. **Microchemical Journal**. 140, 214–221, 2018.

BARBOSA, J.M. *et al.* Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v.1, n. 6, p. 70-90, 2017.

BOENING, D.W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. **Chemosphere**, n. 40, p.1335-135, 2000.

BONSIGNORE, M., MANTA, D.S., MIRTO, S., QUINCI, E.M., APE, F., MOLTALTO, V., et al. Bioaccumulation of heavy metals in fish, crustaceans, molluscs and echinoderms from the Tuscany coast. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 162, 554–562, 2018.

BRITSKI, H. A.; SATO, Y.; ROSA, A. B. S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. Brasília: CODEVASF, 1988.

CASTRO-GONZÁLEZ, M. I.; MÉNDEZ-ARMENTA, M. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 26, n. 3, p. 263-271, 2008.

DE BOER, JOOP; SCHÖSLER, HANNA; AIKING, HARRY. Fish as an alternative protein—A consumer-oriented perspective on its role in a transition towards more healthy and sustainable diets. **Appetite**, p. 104721, 2020.

- DOMINGO, JOSÉ L. et al. Benefits and risks of fish consumption: Part I. A quantitative analysis of the intake of omega-3 fatty acids and chemical contaminants. **Toxicology**, v. 230, n. 2-3, p. 219-226, 2007.
- FERNANDES, A. C. et al. Benefits and risks of fish consumption for the human health. **Revista de Nutrição**, v. 25, n. 2, p. 283-295, 2012.
- JAMSHIDI, A. et al. Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. **Food Research International**, p. 109353, 2020.
- JEWETT, S.C., DUFFY, L.K. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. *Sci. Total Environ.* 387, 3–27, 2007.
- LACERDA, L.D. et al. Mercury concentrations in fish from the Itacaiunas-Parauapebas river system, Carajas region, Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.66, n.33, p.373-379, 1994.
- LESSA, R.; NÓBREGA, M. F. **Guia de identificação de peixes marinhos da Região Nordeste**. 2000. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/\\_arquivos/guiaiden.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/guiaiden.pdf). Acesso em: 10 out. 2018.
- LI, N. et al. Fish consumption and multiple health outcomes: Umbrella review. **Trends in Food Science & Technology**, 2020.
- LIN, Z. et al. Cardiovascular benefits of fish-oil supplementation against fine particulate air pollution in China. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 73, n. 16, p. 2076-2085, 2019.
- MALINOWSKI, C.R. High mercury concentrations in Atlantic Goliath Grouper: Spatial analysis of a vulnerable species. **Mar. Pollut. Bull.** 143, 81–91, 2019.
- MALVANDI, H., ALAHABADI, A. Evaluation of potential human health risk due to the exposure to mercury via fish consumption of *Alosa* spp. from the southern Caspian Sea. **Mar. Pollut. Bull.** 143, 66–71, 2019.
- MAURICE-BOURGOIN, L. et al. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira exposure in riparian Amazonian populations. **Archive of Environment Contaminants Toxicology**, v.38, p.283-297, 2000.
- MOURA, V. L., COSTA, B. G. B., LACERDA, L. D. Distribuição de mercúrio na fauna estuarina do rio Jaguaribe – CE. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 51(1): 49 – 56, 2018.
- MOYE, A.H., MILES, C.J., PHILIPS, E.J., SARGENT, B., MERRITT, K.K. Kinetics and uptake mechanisms for monomethylmercury between freshwater algae and water. **Environ. Sci. Technol.** 36, 3550–3555, 2002.
- MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E. B. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. **Jama**, v. 296, n. 15, p. 1885-1899, 2006.
- NESTEL, P. J. et al. Practical Guidance for Food Consumption to Prevent Cardiovascular Disease. **Heart, Lung and Circulation**, 2020.
- RIMM, E. B. et al. Seafood long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular disease: a science advisory from the American Heart Association. **Circulation**, v. 138, n. 1, p. e35-e47, 2018.

SCHENONE, N. F.; VACKOVA, L.; FERNANDEZ CIRELLI, A. Differential tissue accumulation of arsenic and heavy metals from diets in three edible fish species. **Aquaculture nutrition**, v. 20, n. 4, p. 364-371, 2014.

SILVA, C.A., SANTOS, S.O., GARCIA, C.A.B., PONTES, G.C., WASSERMAN, J.C. Metals and arsenic in marine fish commercialized in the NE Brazil: **Risk to human health. Hum. Ecol. Risk Assess.:** Int. J. 26, 695–712, 2019.

SILVA, C.A., GARCIA, C.A.B., SANTANA, H.L.P., PONTES, G.C., WASSERMAN, J.C., COSTA, S.S.L. Metal and metalloid concentrations in marine fish marketed in Salvador, BA, northeastern Brazil, and associated human health risks. **Regional Studies in Marine Science**, 43, 1-11, 2021.

SROY, S. et al. Nutritional benefits and heavy metal contents of freshwater fish species from Tonle Sap Lake with SAIN and LIM nutritional score. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 96, p. 103731.

STORELLI M. M. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 8, p. 2782-2788, Aug. 2008.

TRAVNIKOV, O., RYABOSHAPKO, A., 2002. Modelling of mercury hemispheric transport and depositions. MSC-E Technical Report 6/2002, Meteorological Synthesizing Centre-East, pp. 1–67.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Assessing human health risks from chemically contaminated, fish and shellfish: a guidance manual.** Washington, DC: US EPA Office of Marine and Estuarine Protection, 1989. 174 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation, and Atomic Absorption Spectrophotometry, Revision-** Method 7473 -SW-846. 2007. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/201507/documents/epa-7473.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Risk-based concentration table.** 2010. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/03/2229071.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ZAHIR, F. Low dose mercury toxicity and human health. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, n.20, p.351–360, 2005.

Priscylla Costa Dantas<sup>1</sup>; Themis Jesus Silva<sup>1</sup>; Emerson Carlos Soares<sup>1</sup>; Lucas de Oliveira Arruda<sup>2</sup>; Lívia Almeida de Souza<sup>2</sup>; Emilly Valentim de Souza<sup>2</sup>; Anderson Rodrigues Sabino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professora, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>2</sup>Graduandos em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>3</sup>Doutorando em Agronomia, Laboratório de Ecologia e Comportamento de Artrópodes (LECOM), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

## RESUMO

O Baixo São Francisco possui cerca de 214 km de extensão, percorrendo 86 municípios, tendo seu início no município de Paulo Afonso (BA), passando por Alagoas e Sergipe até a foz, onde desagua entre os municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande. Essa região apresenta grande importância ambiental e econômica, possuindo alta atividade agrícola, pesqueira e turística. Contudo, as ações antrópicas causadas pela expansão demográfica e industrial causam impactos ambientais graves, advindos principalmente de fontes poluidoras como efluentes agrícolas, industriais e domésticos. Os peixes são organismos que podem responder efetivamente à presença de poluentes e recebem atenção especial em estudos ecotoxicológicos por serem considerados bioindicadores de qualidade ambiental, e através de marcadores histopatológicos é possível para avaliar o efeito tóxico dos poluentes no ambiente aquático. Devido à escassez de informações sobre alterações celulares nos peixes do Baixo São Francisco, a pesquisa objetivou investigar o fígado e as brânquias e identificar respostas através de biomarcadores histopatológicos nos peixes que habitam essa região. Foram analisadas amostras de tecido de *Cichla monoculus* (tucunaré), *Metynnis maculatus* (pacu), *Serrasalmus brandtii* (pirambeba), *Astronotus ocellatus* (oscar) e *Pygocentrus nattereri* (piranha vermelha) coletados em sete pontos do Baixo São Francisco. A análise histopatológica demonstrou que em 100% das amostras analisadas, os peixes possuíam algum tipo de alteração patológica, seja no fígado ou nas brânquias. As lesões totais encontradas nos órgãos foram mais pronunciadas no Tucunaré coletado em Piranhas, Pirambeba de Porto Real, Pirambeba de Penedo e no Tucunaré de Porto Real, respectivamente. Em comparação aos dados obtidos na II Expedição Científica, foi observado um aumento na ocorrência e grau de severidade nas patologias por espécies analisada. Os achados histopatológicos podem ser induzidos pela presença de poluentes na água, podendo acarretar prejuízos à habilidade dos peixes realizar suas funções fisiológicas quando expostos a períodos curtos, e levar à morte de indivíduos se houver longos períodos de exposição. Portanto, podemos afirmar que os peixes coletados no Baixo São Francisco passaram por períodos de estresse causados por agentes externos ocasionando processos inflamatórios e diversas patologias graves.

**Palavras-chave:** histologia; patologias; órgãos-alvo; contaminantes.

## INTRODUÇÃO

A expansão demográfica e populacional, aliada ao crescente desenvolvimento industrial ocorrido nas últimas décadas, ocasionou impactos ambientais de diversos níveis nos ambientes aquáticos (INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO, 2012). Os rios localizados em áreas com alta urbanização estão entre os ecossistemas mais atingidos pela contaminação resultante das ações antrópicas (PAUL; MEYER, 2001). O impacto no meio aquático advém de diversas fontes poluidoras como efluentes agrícolas, industriais e domésticos (LIEBEL; TOMOTAKE; OLIVEIRA RIBEIRO, 2013).

A bacia hidrográfica do rio São Francisco possui 2.700 km de extensão, representando cerca de 8% do território brasileiro, sendo habitada por mais de 18 milhões de pessoas e é dividida em Alto, Médio, Submédio e Baixo (CBHSF, 2014). O Baixo São Francisco é uma região que possui cerca de 214 km de extensão, percorrendo 86 municípios, tendo seu início no município de Paulo Afonso (BA), passando por Alagoas e Sergipe até a foz, onde desagua entre os municípios de Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE) (Ibama, 2006). A região do Baixo apresenta grande importância ambiental e econômica, possuindo uma alta atividade agrícola, pesqueira e turística. A atividade agrícola próxima às margens gera a lixiviação de agrotóxicos para o rio, o que, em conjunto com o despejo de esgotos domésticos das cidades, gera grandes impactos à saúde do rio (BARBOSA; SOARES, 2009).

A região do Baixo São Francisco é uma das que mais sofrem com os impactos ocasionados pelas ações antrópicas. Os cursos d'água e seu entorno apresentam maior risco ambiental devido aos poluentes gerados pelas cidades que estão à sua margem. Apesar da pesca ainda estar entre as atividades de subsistência mais importantes, segundo os dados do II Relatório da Expedição Científica do Baixo São Francisco (2020) foi observado empobrecimento de algumas espécies nativas durante as coletas pelo baixo curso sendo constatado a diminuição de curimatãs-pacus e pilombetas. Esse fato pode ser explicado pelo lançamento de efluentes sem tratamento nos corpos d'água, causando a poluição hídrica da bacia (ANA, 2019).

A presença da atividade antrópica próxima às margens é responsável por impactos ambientais que geram alterações às condições naturais dos rios e causam danos àquele ecossistema e, por consequência, danos à saúde, segurança e bem-estar da população ali existente (GOULART; CALLISTO, 2003). O despejo de esgoto doméstico, a descarga de resíduos junto a falta de monitoramento da qualidade de águas lançadas pelos efluentes

indicam que a contaminação dos corpos d'água seja um subproduto da presença da atividade antrópica (REZA; SINGH, 2010). O biomonitoramento é uma forma de avaliar os impactos causados por ela, através dele são realizados estudos que buscam quantificar os danos causados ao ambiente e gerar ações que reduzam os efeitos da atividade humana sobre os ecossistemas (BARBOUR et al., 1999; SILVA et al., 2003).

Os bioindicadores, segundo Frontalini e Coccioni (2011) são organismos que podem responder efetivamente à presença de poluentes. Os peixes vêm recebendo atenção especial em estudos ecotoxicológicos por serem considerados bons indicadores de qualidade ambiental, estando presentes em diversos ambientes, possuindo uma grande distribuição geográfica e participando de diversos níveis da cadeia alimentar. Esses organismos são frequentemente expostos aos poluentes em baixas concentrações, sofrendo, portanto, efeitos subletais. Diversos estudos utilizando os peixes como bioindicadores têm sido realizados, pois eles respondem de diferentes formas a ambientes contaminados, auxiliando na identificação e fornecendo dados sobre as condições ambientais através dos biomarcadores (BERTOLETTI, 1990).

Biomarcadores são alterações bioquímicas, celulares, moleculares, mudanças fisiológicas nas células, mudança nos fluídos corpóreos, nos órgãos ou tecidos de um organismo que podem ser utilizados como evidências da exposição a contaminantes ambientais. Eles são importantes fornecedores dos efeitos de poluentes ambientais mediante a mensuração de reações biológicas (LAM; GRAY, 2003).

Biomarcadores histopatológicos vem sendo utilizados em estudos de campo para avaliar o efeito tóxico dos poluentes no ambiente aquático, e têm a capacidade de diferenciar lesões nos órgãos, induzidas por doenças e outros fatores do meio ambiente, daquelas provocadas pela exposição aos poluentes (SCHWAIGER et al., 1997; COOMBS et al., 2011).

O estudo histopatológico vem sendo bastante utilizado na avaliação de peixes expostos a contaminantes, sendo uma excelente ferramenta em estudo de campos e ensaios laboratoriais (TEH et al., 1997). As alterações histológicas são bons biomarcadores para identificação de danos causados pela exposição a ambientes contaminados, podendo identificar alterações na função fisiológica e bioquímica dos indivíduos (HINTON et al., 1992). A histopatologia estuda danos e alterações a nível celular dos tecidos, sendo uma ótima ferramenta para identificar problemas em órgãos-alvo específicos, incluindo brânquias e o fígado, que são responsáveis por funções vitais,

como respiração, e o acúmulo e biotransformação de xenobióticos nos peixes. (GERNHOFER et al., 2001; DE LA TORRE et al., 2005).

As brânquias são órgãos que, por sua estrutura delicada e localização em contato direto com a água, apresentam as primeiras reações aos processos de contaminação. Os danos causados nas brânquias durante o processo respiratório podem comprometer sua estrutura e função e pode causar alterações fisiológicas e afetar a sobrevivência do organismo (MACHADO, 1999).

O fígado é outro órgão de extrema importância para o biomonitoramento. Por ser o primeiro órgão na biotransformação de xenobióticos e excreção de alguns metais, suas células são expostas a altos níveis de componentes químicos nocivos presentes no ecossistema (HEATH, 1987; HINTON; LAURÉN, 1990). Os hepatócitos apresentam funções vitais para o funcionamento metabólico dos organismos e sua exposição a níveis elevados de toxinas podem afetar as funções do fígado e comprometer sua saúde (PARIS-PALACIOS et al., 2000).

A contaminação hídrica do Rio São Francisco é um desafio que envolve relações complexas devido às múltiplas fontes de poluição que comprometem a qualidade da água e conseqüentemente a saúde dos peixes (RODRIGUES et al., 2004). Com auxílio da histopatologia é possível analisar os efeitos da exposição de peixes a contaminantes, fornecendo subsídios para diagnósticos de impactos ambientais, além de auxiliar no estudo da relação direta entre os agentes e os efeitos celulares e teciduais por eles provocados (CENGIZ; UNLU, 2006).

Devido à escassez de informações sobre alterações patológicas celulares causadas pela contaminação ambiental nos peixes do baixo São Francisco, a pesquisa objetivou investigar a morfologia das células do fígado e das brânquias e identificar respostas através de biomarcadores histopatológicos em amostras dos peixes que habitam essa região. Esses estudos são indispensáveis para o entendimento da contaminação em organismos aquáticos e podem fornecer importantes subsídios para pesquisas sobre detecção de impactos ambientais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***- Preparação das amostras***

Durante as coletas realizadas na III Expedição Científica do São Francisco, amostras de peixes foram separadas para análises histopatológicas. No critério de escolha das espécies, tiveram prioridade as que foram capturadas e analisadas na II Expedição

Científica do São Francisco, realizada em 2019, para que os resultados pudessem ser comparados e fosse possível identificar alguma alteração no intervalo de um ano.

Foram coletadas amostras de 39 indivíduos de cinco espécies, em seis pontos da região do Baixo São Francisco. Na escolha das espécies a serem estudadas, foram incluídas a *Cichla monoculus* (tucunaré), *Metynnis maculatus* (pacu), *Serrasalmus brandtii* (pirambeba), *Astronotus ocellatus* (oscar) e *Pygocentrus nattereri* (piranha vermelha) coletados nos municípios de Piranhas, Pão de açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Penedo e Piaçabuçu.

Após captura, peixes coletados foram identificados, dissecados e os fígados e brânquias (Figura 1), fixados em formol a 10% e após 24 horas fixados em álcool 70% e levados para o Laboratório Aquicultura e Análise de Águas (LAQUA) do Centro de Ciências agrárias (CECA-UFAL), onde os estudos histológicos foram desenvolvidos.

Figura 1. Separação das amostras de brânquias e fígado para análise histopatológica.



Fonte: Lucas Arruda (2020).

#### **- Análises histológicas das brânquias e fígado**

Para realização das análises histológicas, foram retirados fragmentos do fígado e das brânquias e acondicionados em tubos de eppendorf de 2mL, onde posteriormente realizou-se a desidratação em série alcoólica crescente a 80, 90% e 99%. As amostras foram infiltradas, primeiro em um banho de 24h em uma mistura de historesina (Leica®) e álcool (1:1) e depois mantidas imersas em historesina pura por mais 24h. O material foi incluído, transferido para moldes de polietileno e mantidos em temperatura ambiente até

a polimerização completa dos blocos. Cortes semifinos com 5 µm de espessura foram obtidos em micrótomo rotativo com navalhas de aço inox. Os cortes foram corados com hematoxilina de Harris e eosina e realizada a montagem das lâminas com balsamo do Canadá como meio de montagem. Em seguida, o material foi fotografado em microscópio de luz com câmera digital e as fotomicrografias analisadas.

### ***- Interpretação dos resultados***

Foram analisadas três lâminas com cinco secções de 5µm de cada peixe, para cada espécie. Desta forma foi analisado um total de 117 lâminas e 585 cortes histológicos. Para avaliação da histopatologia foi utilizado o protocolo para avaliação de poluição aquática proposto e padronizado por Bernet et al. (1999). As lesões patológicas de cada órgão são classificadas de acordo com cinco **padrões de reação**. Em cada padrão de reação está incluso diversas alterações que consideram as unidades funcionais do órgão.

Os distúrbios circulatórios (padrão de reação 1) são resultantes de uma condição patológica do fluxo de sangue e fluidos teciduais, como hemorragia, hiperemia, aneurisma e edema intercelular. As alterações regressivas (padrão de reação 2) são definidas como processos que levam a redução da função ou perda do órgão, como atrofia, alterações nucleares, alteração na arquitetura do tecido e arranjo celular, e necrose, na qual é considerada uma patologia grave, alteração irreversível causada pela morte celular. As alterações progressivas (padrão de reação 3) nas quais provocam um aumento atividade celular no tecido, como hiperplasia e hipertrofia. A inflamação (padrão de reação 4), geralmente associado à migração de leucócitos para o meio extravascular, como infiltração leucocitária e exsudados, e o neoplasma (padrão de reação 5), onde ocorre proliferação descontrolada de células e de tecido, e pode ser tumores benignos ou malignos.

Segundo o protocolo, para quantificação das alterações é determinado o **fato de importância (w)** para cada lesão de acordo com sua importância patológica, e sua relevância depende da forma como afeta a função do órgão e o grau de reversibilidade. Desta forma as alterações foram classificadas previamente em três fatores de importância. A cada alteração descrita nos padrões de reação é atribuído um fator:

1- A alteração é facilmente reversível ao fim da exposição à substância tóxica. Possui importância patológica mínima.

2- A alteração é potencialmente reversível se a exposição ao agente causador for interrompida. Possui importância patológica moderada.

3- A lesão é grave, geralmente irreversível, levando à perda parcial ou total da função do órgão. Possui importância patológica acentuada.

Além disso é utilizado o parâmetro **pontuação** ( $\alpha$ ), no qual a cada amostra é atribuída um valor, que varia de 0 a 6, de acordo com a extensão ou ocorrência de cada alteração. O score (pontuação) sugerido pelos autores (0) sem alteração, (1-2) ocorrência leve, (3-4) ocorrência moderada e (5-6) ocorrência severa. A partir desses valores foi possível obter o índice de alterações histopatológicas (IH) de cada amostra através da multiplicação de  $w$  por  $\alpha$  para cada alteração e a soma do total de alterações para cada amostra.

Quando a análise foi realizada em apenas um órgão, foi utilizado o seguinte índice:

**Índice do órgão (I org)** – representa o grau de dano a um órgão. Um alto índice indica um alto grau de dano.

$$I_{org} = \sum_{pr} \sum_{alt} (a_{org\ pr\ alt} \times W_{org\ pr\ alt})$$

Onde: org = órgão (constante); pr = padrão de reação; alt = alteração; a = pontuação; w = fator de importância.

Quando vários órgãos foram examinados, outro índice pôde ser calculado, o **Índice total (Tot-I)**, que representa uma medida geral do estado de saúde, baseado nas alterações histológicas.

$$Tot-I = \sum_{org} \sum_{pr} \sum_{alt} (a_{org\ pr\ alt} \times W_{org\ pr\ alt})$$

Após essa interpretação, foi desenvolvida uma Tabela de trabalho própria para este estudo, com as principais alterações encontradas nos fígados e brânquias dos peixes, a partir da qual procedeu-se a análise dos órgãos. Com a quantificação das lesões, foi possível aplicar análises estatísticas para comparar os índices entre as diferentes espécies (Tabela 1).

#### **- Análise estatística**

Foram calculados os índices individuais por órgão e o índice total de patologias por espécie. Para avaliação desses resultados, os dados foram analisados estatisticamente,

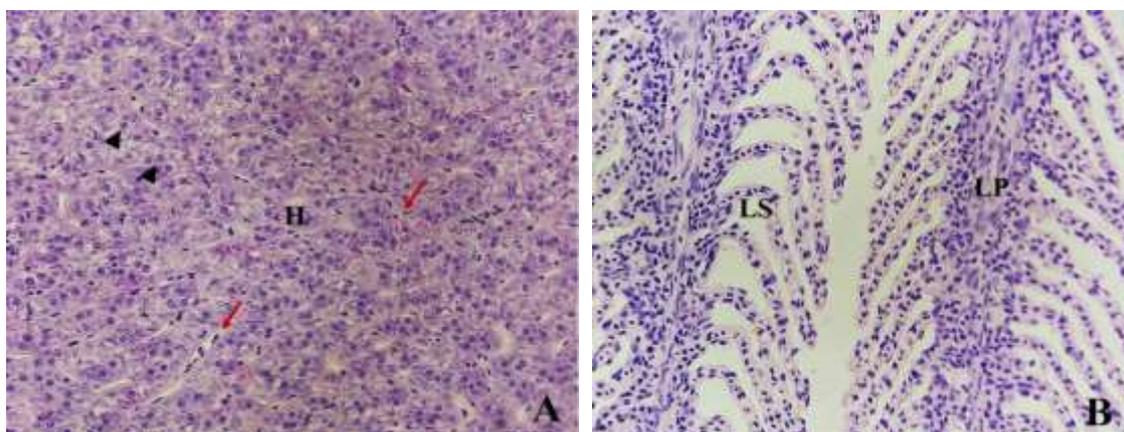
onde os municípios que possuíam apenas duas espécies de peixes, foi usado o teste T com o auxílio do programa estatístico SigmaPlot 12.0. Para os demais municípios índices de lesões histopatológicas de fígado e brânquias foram comparadas utilizando o teste Kruskal-Wallis com o auxílio do programa estatístico Assistat 7.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### - *Morfologia padrão do fígado e brânquias*

Em geral, a arquitetura do tecido hepático encontrado nos peixes analisados é semelhante ao das espécies de Teleósteos, que possui como característica cordões de hepatócitos com formato poligonal, núcleos centrais apresentando nucléolos proeminentes, dispostos em fileiras entre capilares sinusoides e vasos sanguíneos distribuídos irregularmente entre os hepatócitos. Além de células de tecido pancreático exócrino, as quais apresentam arranjo acinar, caracterizando o hepatopâncreas, comum entre esses animais (GENTEN; TERWINGHE; DANGUY, 2009) (Figura 2A).

Figura 2. Fotomicrografias da arquitetura com padrão normal dos tecidos dos peixes. A) Tecido hepático (H) do Pacu com cordões de hepatócitos com aspecto normal, células poligonais com núcleo arredondado central (ponta de seta) e vasos sinusoides distinguíveis (seta vermelha). B) Brânquias de Pacu com lamelas primárias (LP) sem alterações, contendo lamelas secundárias (LS) dispostas em ambos os lados do filamento primário. [Obj. 40x, HE]. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



O padrão normal das arquiteturas das brânquias está mostrado na Figura 2B. Observa-se o padrão descrito por Fanta et al. (2003), com arcos branquiais contendo o filamento primário dispostos paralelamente, cada um composto por lamelas respiratórias

(secundárias), alinhada em ambos os lados, que representam a superfície de troca gasosa, como é comum nos Teleósteos.

#### **- Análises histopatológicas**

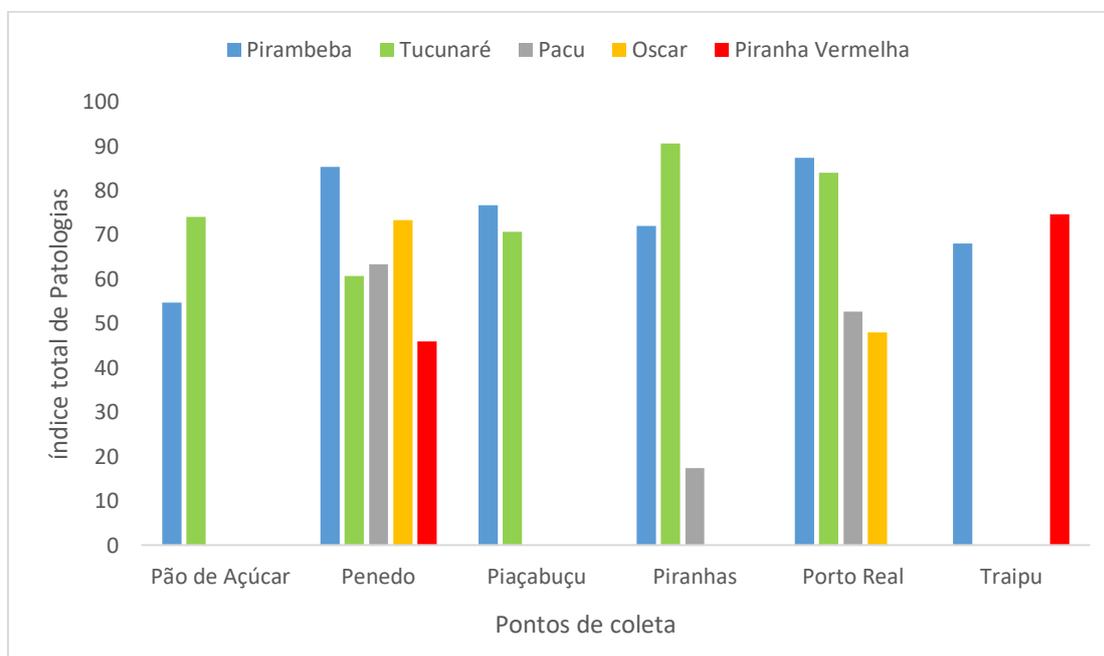
Os estudos histopatológicos revelaram diferenças nos tipos e gravidade das lesões dos órgãos entre os peixes coletados nos seis municípios do baixo São Francisco. Foi observado que em 100% das amostras analisadas, os peixes possuíam algum tipo de alteração patológica, seja no fígado ou nas brânquias. O grau de severidade e a ocorrência das lesões totais nos órgãos foram mais pronunciadas no tucunaré coletado em Piranhas, pirambeba de Porto Real, pirambeba de Penedo e no tucunaré de Porto Real, respectivamente, conforme evidenciado no Índice Total de Patologias (BERNET et al., 1999) mostrado no gráfico 1. Alterações significativas comuns a várias espécies foram encontradas, como vacuolização e degeneração do citoplasma dos hepatócitos, infiltração de leucócitos no tecido pancreático, fusão lamelar, deslocamento do epitélio lamelar, necrose, entre outros. Essas alterações morfológicas podem ser induzidas pela presença de poluentes na água, podendo acarretar prejuízos à habilidade dos peixes realizar suas funções fisiológicas quando expostos a períodos curtos, e levar à morte de indivíduos se houver longos períodos de exposição (JOBLING, 1995; MELETTI et al., 2003).

O Baixo São Francisco é uma região bastante impactada pela poluição causada pelas descargas de esgotos domésticos das cidades que o margeiam. Além disso, sofre de problemas relacionados ao uso de agrotóxicos em lavouras ao longo das margens dos rios e o descarte de efluentes de atividades industriais na água (SOARES et al., 2020). Segundo Yamamoto et al. (2016) resíduos industriais podem liberar metais pesados e hidrocarbonetos aromáticos nos rios, essas substâncias potencialmente tóxicas podem acumular nos organismos aquáticos, levando à ocorrência de patologias nos órgãos.

Em comparação aos dados obtidos na Expedição Científica anterior, foi observado um aumento na ocorrência e severidade de patologias por espécies analisada. Em 2019, 93% dos peixes apresentaram lesões no fígado, entre eles o tucunaré coletado em Piranhas e Traipu, a pirambeba coletada em Pão de Açúcar e o oscar coletado em Traipu, entretanto, a maioria de grau leve. Entre as alterações, houve predominância de vacuolização dos hepatócitos, infiltrado leucocitário, e a necrose foi observada somente na espécie de oscar (DANTAS, SOARES, SILVA, 2020). Nos dados analisados no presente trabalho, todos os peixes apresentaram lesões hepáticas, sendo identificado a

necrose, tipo de lesão mais severa e irreversível no tucunaré e pacu de Piranhas, no tucunaré de Pão de Açúcar, Porto Real e Piaçabuçu e na pirambeba de Penedo.

Gráfico 1. Comparação das alterações patológicas totais (fígado + brânquias) entre as espécies e os pontos de coleta de acordo com o índice de patologias proposto por Bernet et al. (1999).



Fonte: Priscylla Dantas

Em relação às alterações nas brânquias, também houve aumento na ocorrência entre as espécies analisadas. Em 2019, 53% das espécies apresentaram alguma modificação branquial, prevalecendo a hiperplasia. Nos dados de 2020, dentre as cinco espécies analisadas, de todos os pontos, somente o Pacu não apresentou alteração branquial severa.

Apesar das alterações terem sido observadas em todas as amostras hepáticas, e na maioria das amostras branquiais, e muitas espécies possuírem o índice total maior (Gráfico 1) muitas delas não diferiram estatisticamente entre si em relação ao índice dos órgãos (Tabela 1).

### A - Fígado

Dentre as amostras analisadas, a severidade e frequência das lesões no fígado foi maior na pirambeba coletada no município de Penedo, seguida do oscar de Penedo, do tucunaré coletado em Piranhas e também em Porto Real do Colégio (Tabela 1). As

principais alterações histopatológicas encontradas no fígado dos peixes estão resumidas na Tabela 2.

**Tabela 1.** Índices de alterações histopatológicas observadas nas espécies coletadas nos seis municípios do Baixo São Francisco

<b>Penedo</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Índice do Fígado</b>	<b>Índice da Brânquia</b>
Pirambeba	52,7 ± 2,9 a	32,6 ± 2,6 a
Tucunaré	24,0 ± 0,0 ab	36,6 ± 2,4 a
Pacu	27,3 ± 3,3 ab	36,0 ± 1,1 a
Oscar	38,6 ± 5,5 ab	34,7 ± 5,5 a
Piranha Vermelha	19,4 ± 1,7 b	26,6 ± 1,7 a
	P < 0,05	P > 0,05
<b>Pão de Açúcar</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Índice do Fígado</b>	<b>Índice da Brânquia</b>
Pirambeba	18,6 ± 1,3 b	36,0 ± 2,0 a
Tucunaré	31,4 ± 4,0 a	42,6 ± 3,7 a
	P = 0,041	P = 0,189
<b>Piaçabuçu</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Índice do Fígado</b>	<b>Índice da Brânquia</b>
Pirambeba	31,3 ± 3,5 a	45,3 ± 4,6 a
Tucunaré	30,0 ± 3,0 a	40,6 ± 1,7 a
	P = 0,789	P = 0,403
<b>Piranhas</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Índice do Fígado</b>	<b>Índice da Brânquia</b>
Pirambeba	26,6 ± 2,4 ab	45,4 ± 3,3 a
Tucunaré	33,3 ± 1,3 a	57,3 ± 5,45 a
Pacu	17,3 ± 0,6 b	0,0 ± 0,0 b
	P < 0,05	P < 0,05
<b>Porto Real</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Índice do Fígado</b>	<b>Índice da Brânquia</b>
Pirambeba	31,3 ± 1,7 a	56,0 ± 1,1 a
Tucunaré	32,6 ± 4,6 a	51,4 ± 1,7 ab
Pacu	29,3 ± 3,3 a	23,3 ± 5,3 b
Oscar	6,0 ± 0,0 a	42,0 ± 3,4 ab
	P > 0,05	P < 0,05
<b>Traipu</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Índice do Fígado</b>	<b>Índice da Brânquia</b>
Pirambeba	20,6 ± 5,9 a	47,4 ± 5,8 a
Piranha Vermelha	20,6 ± 5,8 a	54,0 ± 6,1 a
	P = 1,000	P = 0,473

Fonte: Priscylla Dantas

A análise microscópica do tecido hepático dos peixes, revelou que todos os espécimes apresentaram mais de um sinal de alteração celular no órgão (Tabela 1). As alterações patológicas mais evidentes foi a vacuolização (Figura 3A, C) e degeneração do citoplasma (Figura 3D, E), infiltração de leucócitos no tecido hepático (Figura 3D), deformação do contorno celular (Figura 3D, E, F), dilatação dos vasos sinusoides (Figura 3A), e em algumas espécies, necrose (3B, E, F).

No presente estudo, a alteração celular mais comumente observada nos peixes foi a vacuolização citoplasmática dos hepatócitos. A presença de hepatócitos aumentados, com aspecto de “inchado” e vacúolos citoplasmáticos arredondados de cor clara como observado no fígado do tucunaré (Figura 3C) é caracterizado como esteatose hepática, ocorrendo em alguns casos, o deslocamento do núcleo para a periferia da célula.

Tabela 2. Principais alterações observadas no fígado dos peixes amostrados e seus correspondentes fatores de importância (w) (Bernet et al., 1999).

<b>Característica examinada</b>	<b>Fator de importância (w)</b>
Núcleo na periferia da célula	2
Perda do contorno celular	1
Deformação nuclear	2
Vacuolização citoplasmática	1
Degeneração do citoplasma	1
Rompimento celular	1
Infiltração leucocitária	2
Dilatação dos sinusoides	1
Necrose	3
Hiperemia	1

**Fonte: Priscylla Dantas**

Nos tecidos hepáticos de peixes com início de necrose, os citoplasmas se apresentam vacuolizados, com coloração pálida e núcleo deslocado da região central (PINHEIRO et al., 2017). Esse tipo de alteração celular é considerada reversível, pois, a célula agredida mantém-se viva, apesar de sofrer alterações funcionais e morfológicas, recuperando-se quando o estímulo agressor cessa (KUMAR; ABBAS; FAUSTO, 2015). Bane et al. (2013) observaram vacuolização citoplasmática e degeneração dos hepatócitos em truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* exposta a 0,2mL/L do inseticida organofosforado diazinon por 28 dias. Segundo Saraiva et al. (2015) e Vreys et al. (2019), as alterações histológicas mais encontradas em fígado de peixes expostos a pesticidas são

degeneração vacuolar, perda do limite da célula, alteração da arquitetura do tecido e necrose. Todas essas hepatodistrofias foram evidenciadas nas análises dos peixes coletados no Baixo São Francisco.

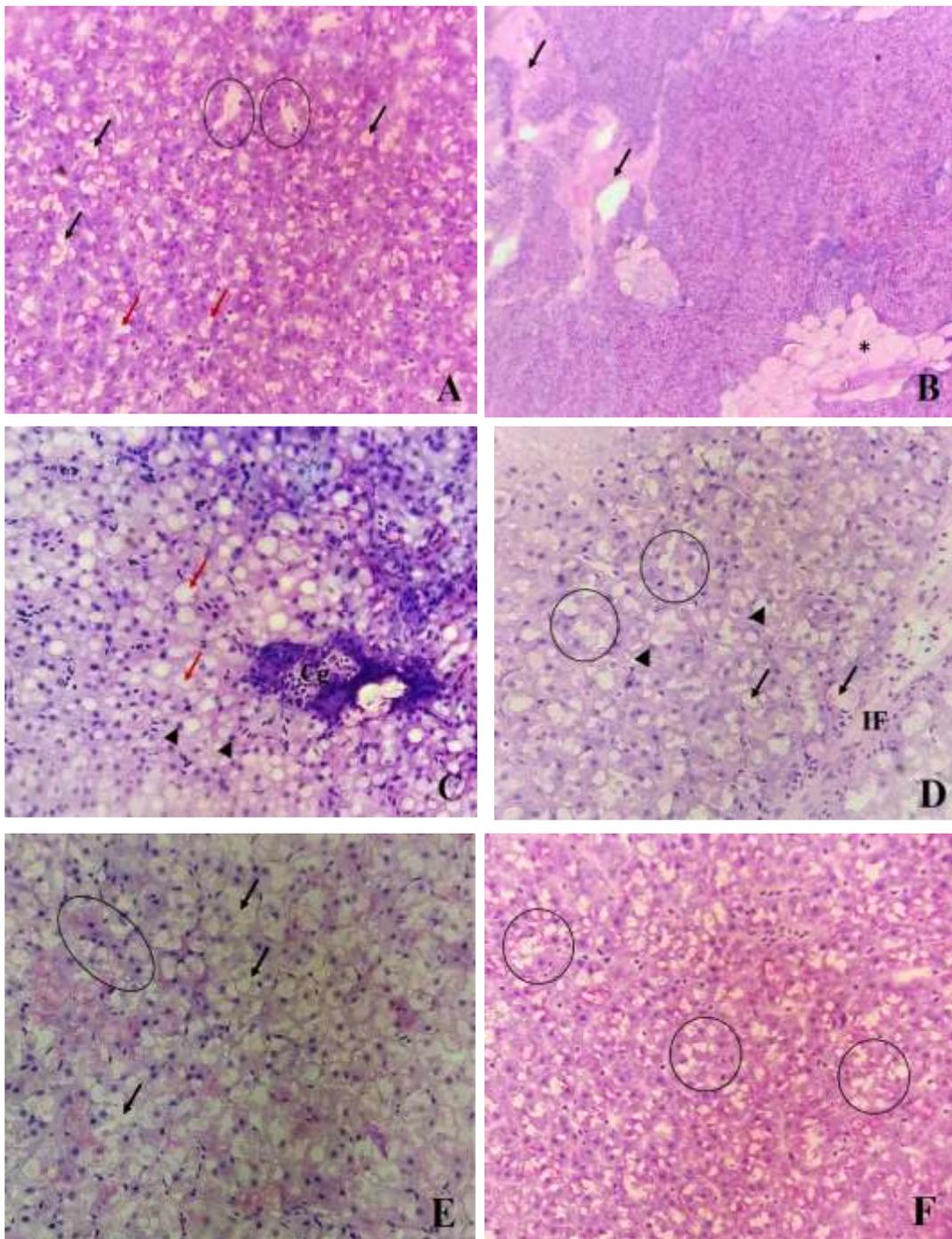
Dentre todas as espécies analisadas, o tucunaré foi o que apresentou mais pontos de necrose severa em seu tecido (Figura 3C-E), seguido da pirambeba (Figura 3A, F), além de desarranjo da estrutura cordonal, demonstrando alteração na arquitetura do tecido hepático. Nesses peixes, pôde ser observado deformação e clareamento nuclear, degeneração do citoplasma, perda do limite celular, em geral associado a infiltração de leucócitos, que demonstrando sinal de inflamação. Essas alterações morfológicas em conjunto caracterizam a necrose.

Akaishi et al. (2004) observaram perda do limite celular e a desorganização do tecido hepático em indivíduos expostos a contaminantes derivados do petróleo. De acordo com estes autores, esta característica sugere alterações drásticas na distribuição de organelas que podem ter consequências graves para o funcionamento do fígado. De acordo com Rocha et al. (2010), a necrose pode ter várias causas, como a conversão de um contaminante em um metabólito tóxico que pode incluir radical livre ou oxigênio reativo. Estes levam a lesão peroxidativa dos lipídios da membrana e consequentemente a necrose.

O infiltrado leucocitário no tecido hepático foi uma alteração observada em todas as espécies analisadas e é considerada uma resposta inflamatória produzida em defesa de agentes tóxicos ou patógenos. O processo de inflamação é caracterizado pela a liberação de líquido, e células dos vasos para o tecido lesionado e possui função de manter integralidade do tecido quando estímulos internos (físico, químicos ou parasitos) afetam o tecido (PINHEIRO et al., 2017). Portanto, podemos afirmar que os peixes coletados no Baixo São Francisco passaram por períodos de estresse causados por agentes externos e durante o processo inflamatório, correu o comprometimento do fluxo venoso e os leucócitos se acumularam no tecido lesado. Entretanto, a infiltração de leucócitos apresenta grau de reversibilidade considerado moderado, de acordo com o fator de importância (w) Tabelado por Bernet et al. (1999), com potencial de reversão ao fim da exposição ao agente estressor, diferente do que ocorre com a necrose, que causa grande impacto à saúde do organismo.

Esses dados sugerem que as alterações encontradas nos peixes do Baixo São Francisco podem estar relacionadas à resposta a exposições crônicas de diversos agroquímicos, metais pesados e águas residuais (TRONCOSO, et al., 2012; RAUTENBERG, et al., 2015), como ambientes que sofrem com alto impacto ecológico.

Figura 3. Alterações patológicas encontradas no fígado dos peixes coletados no baixo São Francisco. **A)** Pirambeba coletada em Penedo apresentando dilatação dos vasos sinusoides (círculos), necrose multifocal (setas pretas), e hepatócitos com citoplasma mais claro e núcleo pálido (seta vermelha). **B)** Oscar coletado em Penedo com áreas necrosadas no tecido hepático (setas) e ocorrência de oocisto de parasita (\*). **C)** Tucunaré de Piranhas com alta vacuolização (seta vermelha) hepática, congestão vascular (Cg) e núcleos na periferia da célula (cabeça de seta). **D)** Tucunaré de Porto Real com degeneração citoplasmática e perda do limite celular (círculos), núcleos na periferia da célula (cabeça de seta), vacuolização (seta) e infiltrado leucocitário (IF). **E)** Degeneração vacuolar severa (seta) no Tucunaré de Pão de Açúcar e congestão dos capilares sinusoides (círculo). **F)** Pirambeba de Porto Real apresentando áreas em processo de necrose (círculos). [Obj. 40x: A, C-F; Obj. 10x: B, HE]. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



## B - Brânquias

As principais alterações observadas nas brânquias dos peixes coletados no baixo São Francisco consistiram principalmente em hiperplasia das células epiteliais, com proliferação desordenada de células no espaço interlamelar, que, em muitas espécies, ocasionou fusão lamelar completa ou incompleta das lamelas secundárias. As espécies mais afetadas por essas lesões foram o tucunaré coletado no município de Piranhas, a pirambeba coletada em Porto Real, a piranha vermelha coletada em Traipu e o tucunaré de Porto Real (Tabela 1). As principais alterações histopatológicas encontradas nas brânquias dos peixes estão resumidas na Tabela 3.

O deslocamento do tecido epitelial das lamelas secundárias (Figura 4A, C, D) foi observado majoritariamente de forma severa nas espécies analisadas. Somente a espécie de pacu não apresentou patologia braquial (Figura 2B) ou foi observada apenas em grau leve. Essa alteração possui fator de importância ( $w$ ) = 1, portanto facilmente reversível no estágio em que foi observado nessa espécie.

O levantamento do epitélio lamelar observado nos peixes analisados neste trabalho é considerado por Thophon et al. (2003) como o primeiro sinal de patologia branquial e caracteriza-se pela elevação de uma lâmina contínua do epitélio de revestimento das lamelas para longe do sistema de células pilares, aumentando assim a distância entre o meio externo e o sangue, comprometendo a função respiratória do órgão. De acordo com Bernet et al. (1999), o desprendimento epitelial é uma alteração regressiva, que possui a finalidade de reduzir a função do órgão lesionado, e desta forma, diminuir a contaminação do animal pela substância tóxica a que está exposto.

Tabela 3. Principais alterações observadas nas brânquias dos peixes e seus correspondentes fatores de importância ( $w$ ) (Bernet et al., 1999).

<b>Característica examinada</b>	<b>Fator de importância (<math>w</math>)</b>
Hipertrofia	1
Hiperplasia	2
Desarranjo lamelar	2
Fusão lamelar completa	2
Fusão lamelar incompleta	2
Deslocamento epitelial	1
Espessamento tecido proliferativo	2
Aneurisma	1

Fonte: Priscylla Dantas

O desprendimento do epitélio lamelar está relacionado à exposição a metais pesados, como citado por Cantanhêde et al. (2016) na espécie de robalo *Centropomus undecimalis* exposta a níveis de mercúrio e chumbo acima dos permitidos por lei (Resolução CONAMA 357/2005), por Figueiredo- Fernandes et al. (2007) para *Oreochromis niloticus* após exposição ao cobre e Bomfim Jesus et al. (2011) ao estudar a traíra *Hoplias malabaricus* exposta a cloreto de mercúrio (HgCl<sub>2</sub>). Os metais pesados são relatados como responsáveis por doenças em peixes, redução da defesa imunológicas e patologias nos órgãos que podem ser fatais (MENESES, 2008).

A hiperplasia das lamelas secundárias foi uma alteração observada com frequência nos peixes analisados. As pirambebas coletadas em Porto Real (Figura 4B), Traipu (Figura 4E) e Piranhas (Figura 4F) apresentaram hiperplasia severa em grande parte do tecido branquial analisado, com ocorrência de fusão lamelar ocasionado pela proliferação desordenada das células. Segundo Erkem e Kolankaya (2000), a hiperplasia possui função de defesa ao aumentar a distância que as substâncias presentes na água têm que percorrer para alcançar a corrente sanguínea. É importante ressaltar que o processo hiperplásico observado nos peixes aqui analisados, causado pela proliferação descontrolada de células no espaço interlamelar (Figura 4B-F) pode levar as brânquias a fusão parcial ou completa, que compromete a passagem de água entre as lamelas e prejudica a respiração.

As alterações encontradas nas brânquias das espécies coletados no Baixo São Francisco foram comumente encontradas em peixes submetidos a água antropizada (PEREIRA et al., 2020; SHAHID et al., 2020; LASSEN, 2021). Vários autores propuseram diferentes funções às lesões, como Mallat (1985), que atribui um caráter protetor à fusão lamelar, uma vez que essa modificação diminui a superfície branquial. Porém, pode diminuir a capacidade do órgão em realizar as trocas gasosas. Cerqueira e Fernandes (2002) afirmam que as alterações são respostas de defesa do tecido branquial que ajudam a barrar a entrada de substâncias tóxicas e podem auxiliar na prevenção dos danos causados pela exposição direta.

Os tucunarés coletados em Porto Real (Figura 4D), as piranhas de Pão de Açúcar e Penedo e o oscar de Penedo apresentaram aneurismas de vários tamanhos nas lamelas. O aneurisma é uma lesão importante e representa um tipo de alteração vascular nos filamentos branquiais (CASTANHÊDE et al., 2014). O aneurisma geralmente resulta do colapso do sistema de células pilares, que prejudica a integridade vascular com a liberação de grande quantidade de sangue, empurrando o epitélio lamelar para fora, causando hemorragias (HINTON; LAUREN, 1990; CASTANHÊDE et al., 2016). Segundo

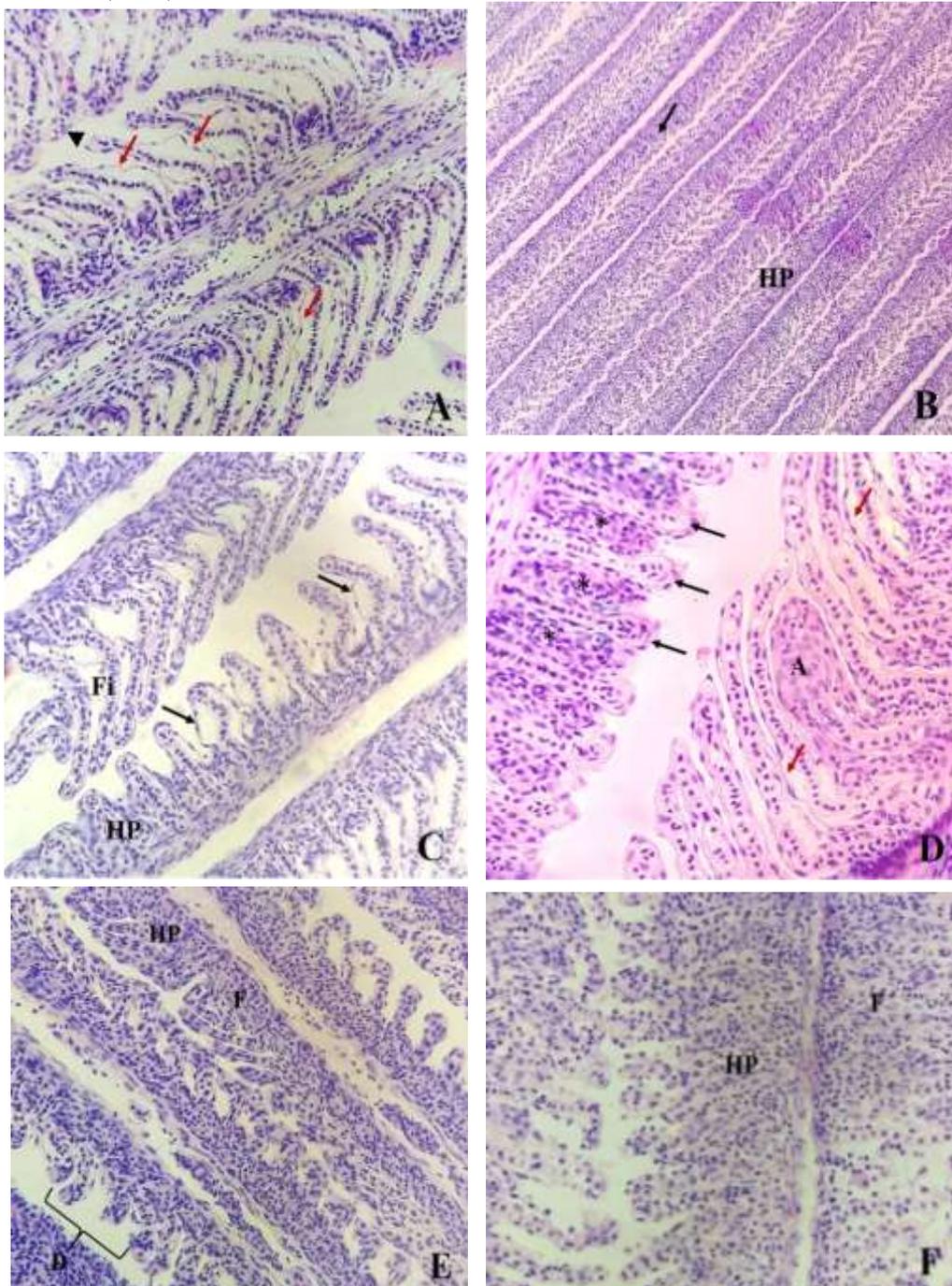
Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994) essa lesão é considerada severa e não permite a restauração da estrutura branquial, mesmo em caso de melhoria da qualidade da água. As alterações encontradas nos peixes coletados no Baixo São Francisco podem estar relacionadas à exposição a metais pesados, pois Soares et al. (2020) demonstraram valores de arsênio e cromo acima do Limite Máximo Tolerado (LMT) em peixes capturadas na região.

São inúmeros os problemas de degradação ambiental que acometem o Baixo São Francisco e estão diretamente relacionados ao aumento de patologias nos tecidos do fígado e brânquias dos peixes. A redução drástica da vazão que vem ocorrendo nos últimos anos ocasiona impactos significativos na capacidade de purificação do rio, uma vez que menores vazões por longos períodos contribuem significativamente para a manutenção das concentrações de poluentes (MEDEIROS et al., 2016).

A condição de menor vazão liberada no Baixo São Francisco compromete a qualidade da água e a saúde dos peixes, pois influencia na diluição dos diversos agentes químicos estressantes presentes nos efluentes domésticos, resíduos industriais, fertilizantes e agrotóxicos, arrastados para o corpo d'água. Tais resultados demonstram que é necessário, no Baixo São Francisco, além da manutenção de um maior volume de água, a promoção um aumento considerável no tratamento de efluentes, pois, em casos de baixa vazão, o rio não têm água suficiente para diluir os efluentes lançados.

Associado ao problema redução da vazão do rio está a degradação da mata ciliar e o uso abusivo de agrotóxicos. De acordo com Soares et al. (2020), nos municípios de Porto Real do colégio, Penedo e Piaçabuçu ocorre a utilização de muitos insumos como fertilizantes químicos solúveis, inseticidas, herbicidas, raticidas nas plantações localizadas às margens do rio. A lixiviação desses agroquímicos, principalmente em períodos chuvosos, tendem a contaminar as águas superficiais, em alguns casos também as subterrâneas, caracterizando o rio como destino final de alguns produtos químicos, o que pode levar à contaminação de nascentes (RAMOS., 2020). Portanto, a soma desses fatores favorece o processo de degradação da qualidade da água e desencadeiam alterações histopatológicas nos organismos aquáticos, podendo inclusive ser responsável pelo desaparecimento de várias espécies importantes ecológica e economicamente para a região.

Figura 4. Patologias observadas nas brânquias de peixes coletados no Baixo São Francisco. **A)** Brânquias de tucunaré com deslocamento do epitélio lamelar (seta vermelha) e fusão inicial das lamelas secundárias (ponta de seta). **B)** Pirambeba com hiperplasia (HP) severa nos filamentos primários dispostos paralelamente, fusão completa das lamelas secundárias (seta). **C)** Piranha com deslocamento epitelial (seta) e fusão inicial das lamelas secundárias (Fi). **D)** Tucunaré apresentando aneurisma (A), deslocamento epitelial (setas vermelhas) e espessamento descontrolado do tecido proliferativo (\*), que ocasiona fusão das lamelas secundárias (seta preta). **E)** Pirambeba com hiperplasia (HP), fusão completa de lamelas (F) e desarranjo da estrutura braquial (D). **F)** Pirambeba com hiperplasia (HP) severa e fusão (F) completa das lamelas secundárias. As amostras foram coletadas nos municípios de Piranhas, Porto Real, Traipu, Porto Real, Traipu e Piranhas, respectivamente. [Obj. 40x: A, C-F; Obj. 10x: B, HE]. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



## CONCLUSÕES

Este estudo levou a seis conclusões que são relevantes para a avaliação da sanidade dos peixes que habitam o Baixo São Francisco, e dos muitos problemas por ele acometido:

Os peixes coletados na III Expedição científica apresentaram maior ocorrência e severidade nas alterações patológicas no fígado e nas brânquias em relação à II Expedição;

Os espécimes de tucunaré e pirambeba coletadas nos municípios de Piranhas, Penedo e Porto Real do Colégio foram as que mais apresentaram patologias severas e irreversíveis, como a necrose;

As patologias encontradas nos peixes são relacionadas à contaminação aquática decorrente de efluentes domésticos e industriais, agrotóxicos e fertilizantes, os quais os peixes estão expostos cronicamente;

A redução da vazão no Baixo São Francisco compromete capacidade de purificação do rio e contribui significativamente para a manutenção das concentrações de poluentes, tornando o ambiente propício a exposições agudas a contaminantes;

A exposição crônica a estressores químicos presentes na água comprometem a sanidade de populações de peixes endêmicos e exóticos, acarretando desaparecimento de espécies importantes do Baixo São Francisco;

As alterações histopatológicas como as encontradas no fígado e brânquias das espécies do Baixo São Francisco são frequentemente estudadas em peixes coletados em ambientes naturais poluídos para avaliar a presença de contaminantes e a degradação do ambiente aquático e podem ser utilizados como biomarcadores através do cálculo das lesões histológicas nos tecidos.

## REFERÊNCIAS

- AKAISHI, F.M. et al. Morphological and neurotoxicological findings in tropical freshwater fish (*Astyanax* sp.) after waterborne and acute exposure to Water Soluble Fraction (WSF) of Crude Oil. **Archives of environmental contamination and toxicology**, v. 46, p. 244–253, 2004.
- ANA- Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. 100p.
- ARELLANO, J.M.; STORCH, V.; SARASQUETE, C. Histological changes and copper accumulation in liver and gills of the senegales sole *solea senegalensis*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 44, n. 1, p. 62-72, 1999.

BANAEE, M.; SUREDA, A.; MIRVAGHEFI, A.R.; AHMADI, K. Biochemical and histological changes in the liver tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to sub-lethal concentrations of diazinon. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 39, n. 3, p.489-501, 2013.

BARBOSA, J. M.; SOARES, E. C. Perfil da Ictiofauna da Bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca** 4. Jan, 2009.

BARBOUR, M.T. et al. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. **Environmental Protection Agency: Office of Water**, Washington, D.C., v. 2, 1999.

BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. – Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **Journal of Fish Diseases**, n. 22, p. 22-34, 1999.

BERTOLETTI, E. Ensaio biológicos com organismos aquáticos e sua aplicação no controle da poluição. **Cetesb** (companhia estadual de tecnologia de saneamento básico e controle de poluição das águas). São Paulo, 1990.

BOMFIM DE JESUS, T.; ALMEIDA, P.G. A.; VERGÍLIO, C.S.; MACHADO, A. L.S.; CARVALHO, C. E. V. Acute intraperitoneal mercury chloride contamination and distribution in liver, muscle and gill of a neotropical fish *Hoplias malabaricus* (BLOCK, 1794). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, p. 379–386, 2011.

CANTANHÊDE, S. M. et al. Uso de biomarcador histopatológico em brânquias de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) na avaliação da qualidade da água do Parque Ecológico Laguna da Jansen, São Luís – MA. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.2, p.593-601, 2014.

CANTANHÊDE, S. M.; SILVA, C. G.; PEREIRA, N. J.; PINHO, C. J. S.; SILVA, J. TCHAICKA, L.; NETA, R. N.; SOUZA, T. J. R. JR; SANTOS, D. M. Evaluation of environmental quality of two estuaries in Ilha do Maranhão, Brazil, using histological and genotoxic biomarkers in *Centropomus undecimalis* (Pisces, Centropomidae). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 20, p. 21058–21069, 2016.

CENGIZ, E. I.; UNLU, E. Gill and kidney histopathology in the freshwater fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 22, n. 200-204, 2001.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A Bacia**. 2014. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

COOMBS, S. et al. Avaliação da degradação ambiental na bacia do rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes. **Encyclopedia of Fish Physiology**, v. 1, p. 476-488, 2011.

DANTAS, P.C.; SOARES, E. C.; SILVA, T. de J. Caracterização morfológica do intestino, fígado e brânquias de peixes do Baixo São Francisco: estudo histopatológico e histoquímico. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.) **O Baixo São Francisco: características ambientais sociais**. Maceió, Edufal. 2020. 398p.

ERKEM, B.; KOLANKAYA, D. Effects of water quality on epithelial morphology in the gill of Capoeta tinca living in two tributaries of Kizilirmak River, Turkey. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v.64, p.418- 425, 2000.

FANTA, E. et al. Histopathology of the fish *Corydoras paleatus* contaminated with sublethal levels of organophosphorus in water and food. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 54, n. 2, p. 119-130, 2003.

FIGUEIREDO-FERNANDES, A.; FERREIRA-CARDOSO, J.V.; GARCIA-SANTOS, S.; MONTEIRO, S.M.; CARROLA, J.; MATOS, P.; FONTAINHAS-FERNANDES, A.

- Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, p. 103-109, 2007.
- FRONTALINI, F. E.; COCCIONI, R. Benthic foraminifera as bioindicators of pollution: A review of Italian research over the last three decades. **Rev Micropaleontol**, v. 54, p. 115-127, 2011.
- GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. **Atlas of Fish Histology**, Enfield, NH: Science Publishers, 2009. 224 p.
- GERNHOFER, M. et al. Ultrastructural biomarkers as tools to characterize the health status of fish in contaminated streams. **Journal of Aquatic Ecosystem, Stress and Recovery**, v. 8, p. 241-260, 2001.
- GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, 2003
- HEATH, A. G. **Water Pollution and Fish Physiology**. C.R.C. Press, 1987.
- HINTON, D. E. et al. Biomarkers: Biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress. **Boca Raton: Lewis Publishers**, cap. 4, p. 155 – 196, 1992.
- HINTON, D. E.; LAUREN, D. J. - Liver structural alterations accompanying chronic toxicity in fishes potential bio-markers of exposure. In: MCCARTHY, J. F. SHUGART, L. R. (eds.) **Biomarkers of environmental contamination**, 1990. 462p.
- HINTON, D. E.; LAURÉN, D. J. Integrative histopathological approaches to detecting effects of environmental stressors on fishes. In: Biological Indicators of stress in fish. **American Fisheries Society Symposium**, v. 8, p. 51-66, 1990.
- INS. **Instituto Nacional do Semiárido. Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco**. Brasília: MMA, 2006.
- JOBLING, M. **Environmental biology of fishes**. London: Chapman & Hall, 1995.
- KUMAR, V.; ABBAS, A.; FAUSTO, N. **Robbins e Cotran: Patologia – Bases Patológicas das Doenças**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- LAM, P. K.; GRAY, J. S. The use of biomarkers in environmental monitoring programmes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 2, p. 182–186, 2003.
- LASSEN, M. F. M. **Alterações histopatológicas, genotóxicas e estresse oxidativo em peixes submetidos a águas superficiais antropizadas**. Dissertação de em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis. Universidade Federal da Fronteira Sul. Cerro Largo, 2020. 96f.
- LIEBEL, S., TOMOTAKE, M.E.M., OLIVEIRA RIBEIRO, C. A., Fish histopathology as biomarker to evaluate water quality. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 8, p. 9–15, 2013.
- MACHADO, M. R. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. **UNOPAR Científica. Ciências biológicas e da saúde**, Londrina, v. 1, n. 1, p. 63-76, out. 1999.
- MALLATT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 42 n. 4, p. 630-648, 1985.
- MEDEIROS, P. R. P.; CAVALCANTE, G. H.; BRANDINI, N.; KNOPPERS, B.A. Inter-annual variability on the water quality in the Lower São Francisco River (NE-Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 28, ed.5, 2016.
- MELETTI, P.C.; ROCHA, O.; MARTINEZ, C.B.R. Avaliação da degradação ambiental na bacia do rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e análises histopatológicas

em peixes. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Eds.). **Limnologia Fluvial – um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: Rima, 2002. p. 149-180.

MENESES, T. S. **Fauna, pesca e contaminação por metais pesados em pescado no litoral de Sergipe**. 2008 Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente). Universidade Tiradentes (Portuguese) 115.p.

PARIS-PALÁCIOS, S.; BIAGIANTI-RISBOURG, S.; VERNET, G. Biochemical and (ultra)structural hepatic perturbations of *Brachydanio rerio* (Teleostei, Cyprinidae) exposed to two sublethal concentrations of cooper sulfate. **Aquatic Toxicology**. v. 50, p. 109-124, 2000.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in the urban landscape. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 32, n. p. 333-365, 2001.

PEREIRA, N. J. et al. Biomarcadores histológicos em brânquias de peixes na avaliação da contaminação ambiental do Rio Mearim, Nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 68063-68079 sep. 2020.

PINHEIRO, K. B. S. et al. Histopatologia do fígado de *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 proveniente de área sobre influência de mineração na Amazônia Oriental, Brasil. **Biota Amazonia**, v. 7, n. 3, p. 74-78, 2017.

POLEKSIC, V.; MITROVIC-TUTUNDZIC, V. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: MULLER, R.; LLOYD, R. **Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish**. Oxford: Fishing News Books; 1994. p. 339-352.

RAMOS, L. P. N.; LEITE, D. M.; OLIVEIRA, A. S. L.; FARIAS, C. B. M.; DAHMER, N.; KARSBURG, I. V. Evaluation of the cytotoxic and genotoxic effect of *Allium cepa* L. (*Amaryllidaceae*) root cells after exposure in water samples of five lakes of Alta Floresta, State of Mato Grosso. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 1, 2020.

RAUTENBERG, G.E.; AMÉ, M.V.; MONFERRÁN, M.V.; BONANSEA, R.I.; HUED, A.C. - A multi-level approach using *Gambusia affinis* as a bioindicator of environmental pollution in the middle-lower basin of Suquia River. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 706–720, 2015.

RELATÓRIO DA 2ª EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO. Universidade Federal de Alagoas, **Relatório Técnico**. julho 2020. Disponível em <https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2020/07/RELATORIO-IIEXPEDI%C3%87%C3%83O-BSF-1.pdf>.

REZA, R. & SINGH, G. Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. **International journal of Environmental Science and Technology**, v. 7, p. 785–792, 2010.

ROCHA, R. M.; COELHO, R. P.; MONTES, C. S.; SANTOS, S.S.D.; FERREIRA, M. A. P. Avaliação histopatológica do fígado de *Brachyplatystoma rousseauxii* (castelnau, 1855) da baía do Guajará, Belém, Pará. **Ciência Animal Brasileira.**, v. 11, n. 1, p. 101-109, 2010.

RODRIGUES, G. S. et al. **Diagnóstico ambiental das fontes pontuais de poluição das águas nas bacias hidrográficas do norte de Minas e do submédio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

SARAIVA, A.; COSTA, J.; SERRÃO, J.; CRUZ, C.; EIRA, J.C. A histology-based fish health assessment of farmed seabass (*Dicentrarchus labrax* L.), **Journal of Aquaculture**, v.448, p.375-388, 2015.

SCHWAIGER, J. et al. The use of histopathological indicators to evaluate contaminant related stress in fish. **Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery**, v. 6, n. 1, p. 75-86, 1997.

SHAHID, S. et al. Alterações histopatológicas em brânquias, fígado, rim e músculos de *Ictalurus punctatus* coletados em áreas poluídas do rio. **Brazilian Journal of Biology** [online], v. 81, n. 3, p. 814-821, 2021.

SILVA, C. A. Níveis de mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro, manganês e arsênio em importantes espécies de peixes do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.) **O Baixo São Francisco: características ambientais sociais**. Maceió, Edufal. 2020. 398p.

SILVA, J.; HEUSER, V; ANDRADE, V. Biomonitoramento ambiental. **Genética Toxicológica**. Alcance, Porto Alegre, p. 167- 178, 2003.

SOARES, E.C. et al. Expedition on the Lower São Francisco: An X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Brazil Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p.3047-3064 jan. 2020.

TEH, S. J.; ADAMS, S. M.; HINTON, D. E. Histopathologic biomarkers in feral freshwater fish populations exposed to different types of contaminant stress. **Aquatic Toxicology**, v. 37, p. 51 – 70, 1997.

THOPHON, S. et al. Histological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. **Environmental Pollution**, v.121, p.307-320, 2003.

TRONCOSO, I.C., CAZENAVE, J., BACHETTA, C.; BISTONI, M.A. istopathological changes in the gills and liver of *Prochilodus lineatus* from the Salado River basin (Santa Fe, Argentina). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 38, p. 693–702, 2012.

VREYS, N.; AMÉ, M. V.; FILIPPI, I.; CASENAVE, J.; VALDEZ, M. E.; BISTONI, M. A. Effect of landscape changes on water quality and health status of *heptapterus mustelinus* (Siluriformes, Heptapteridae), **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 76, n. 3, p. 453-468, 2019.

YAMAMOTO, F. Y. et al. Bioavailability of pollutant sets risk of exposure to biota and human population in reservoirs from Iguçu River (Southern Brazil). **Environmental Science and Pollution Research**, p.1-18, 2016.

Emilly Valentim de Souza<sup>1</sup>, Karina Leitão de Oliveira Rodrigues de Moraes<sup>1</sup>, Elâne Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Themis Jesus Silva<sup>2</sup>, Vivian Costa Vasconcelos<sup>3</sup>, Maraísa Bezerra de Jesus Feitosa<sup>4</sup>, Emerson Carlos Soares<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduandos em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>2</sup>Professora, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>3</sup>Mestre em zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>4</sup>Bióloga, Doutora em Ciências da Saúde, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>5</sup>Professor, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

## RESUMO

No Baixo São Francisco a economia das comunidades ribeirinhas está vinculada, principalmente, às atividades da agropecuária e pesca tradicional, mas já pode ser observado o crescimento da aquicultura, turismo e lazer nessa região. Estas atividades somadas com o despejo no rio de efluentes não tratado, desmatamento das matas ciliares, entre outros, tem causado sérios danos a este tão rico ecossistema. A presença de diversos compostos residuais afeta as condições de qualidade da água e, conseqüentemente, a saúde dos organismos nela presentes e dos ribeirinhos. A avaliação deste impacto pode ser realizada através do biomonitoramento, uma alternativa eficiente para identificar vários tipos de xenobióticos, este é realizado por meio da avaliação de organismos expostos a sistemas biológicos com possível presença de contaminantes. Diversos trabalhos utilizando peixes são realizados com esta finalidade, estes servem como bioindicador da qualidade do meio aquático. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade da água do Baixo São Francisco, utilizando os peixes como bioindicadores. Para isso foram utilizados biomarcadores genético (teste de micronúcleo e frequência de anormalidades nucleares) e bioquímico (avaliação de estresse oxidativo através das enzimas antioxidantes SOD e GST e peroxidação lipídica - MDA). Foram realizadas coletas nos municípios de: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Penedo, Brejo Grande e Piaçabuçu. A atividade enzimática mostrou comportamentos distintos entre os órgãos investigados, com o município de Traipu demonstrando os menores valores. O teste de micronúcleo e anormalidades apontou diferença significativa entre os pontos, com Brejo Grande e Penedo apresentando uma maior frequência de anormalidades. Os resultados obtidos podem ser indicativos de alterações na qualidade de água, comprometendo a saúde do rio e dos organismos aquáticos presentes nesse ecossistema.

**Palavras chave:** Biomonitoramento, estresse oxidativo, genotoxicidade.

## INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio São Francisco possui grande relevância econômica e social para o país, possuindo uma grande extensão, cerca de 2.700 km, o velho Chico banha 505 municípios ao longo de sete estados, tem sua nascente na Serra da Canastra em Minas Gerais, desce em direção à Bahia e Pernambuco, chegando finalmente ao Oceano Atlântico entre Alagoas e Sergipe, onde tem sua foz. A bacia do Rio São Francisco é dividida em quatro regiões fisiográficas: alto, médio, submédio e baixo (CBHSF, 2014), sendo esta última, a região onde foi realizada a III expedição científica.

No Baixo São Francisco a socioeconômica das comunidades ribeirinhas é principalmente vinculada às atividades da agropecuária e pesca tradicional, porém nota-se um crescimento expressivo da aquicultura, turismo e lazer nessa região (CBHSF, 2014). De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos (2006), a região do Baixo São Francisco tem aproximadamente 214 km de extensão, passando por 86 municípios, tendo início no município de Paulo Afonso (BA) percorrendo todo estado de Alagoas e Sergipe, chegando até os municípios de Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE), onde deságua.

De acordo com Zellhuber e Siqueira (2007), várias problemáticas contribuem para a degradação acelerada do rio, que desde os anos 70 vem enfrentando uma célere e desenfreada maximização da agricultura intensiva, além deste, outros problemas estão associados à deterioração do rio, como o desmatamento do cerrado e de matas ciliares que funciona como filtro natural para possíveis resíduos de agroquímicos como agrotóxicos e fertilizantes.

A bacia ainda sofre com superexploração das águas pela irrigação na agricultura, mineração e siderurgia, com o assoreamento, com a construção de barragens e hidroelétricas, e falta de saneamento básico que lança efluentes industriais e domésticos sem nenhum tipo de tratamento diretamente no rio, esses e outros fatores comprometem diretamente a qualidade da água, prejudicando os seres que ali vivem, bem como as comunidades que tiram do rio renda para sobreviver (ZELLHUBER; SIQUEIRA, 2007).

Segundo Vasconcelos (2012), a contaminação por agroquímicos, mineração e efluentes na água pode causar um acúmulo de poluentes nos peixes, através da ingestão de organismos aquáticos contaminados ou pela água contaminada. O biomonitoramento é uma alternativa eficiente para identificar vários tipos de xenobióticos que contaminam o meio ambiente, é realizado por meio da avaliação de organismos expostos a sistemas biológicos com possível presença de contaminantes (SILVA et al., 2003).

Segundo Frontalini e Coccioni (2011), bioindicadores são organismos que podem responder de forma efetiva à presença de poluentes ambientais, sendo importantes na identificação das condições ambientais através dos biomarcadores, que foram definidos por Lam e Gray (2003), como alterações bioquímicas, celulares, moleculares ou mudanças fisiológicas nas células, fluidos corpóreos, tecidos ou órgãos de um organismo que podem ser evidências de exposições e efeitos de xenobióticos. A presença de xenobióticos no ambiente pode causar mudanças nos peixes nos seus diferentes níveis de organização biológica. Assim, os peixes são considerados excelentes bioindicadores das condições ambientais (FREITAS; SOUZA, 2009).

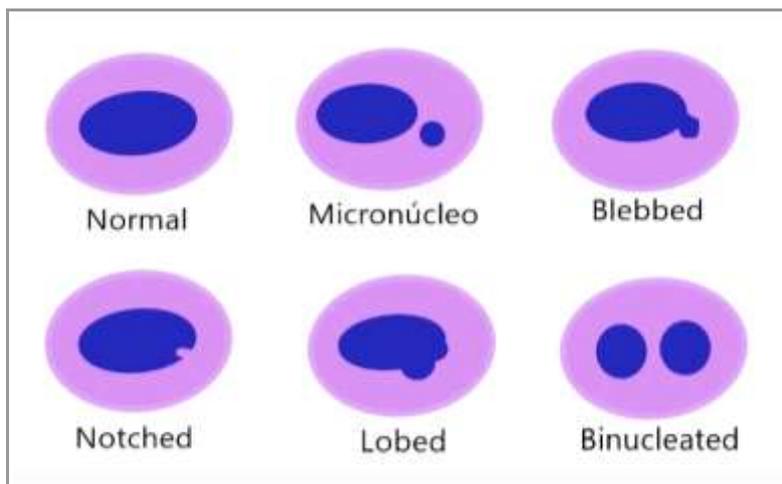
Uma das formas de identificar a presença de agentes genotóxicos é o teste de micronúcleo (MN), que é utilizado por ser uma técnica confiável, rápida e barata. De acordo com Obiakor et al. (2012), micronúcleo é um biomarcador do tipo genético e, origina-se como resultado de aberrações cromossômicas, que podem ser irreversíveis e herdados pelas progênes, sendo capaz de ocasionar diminuição na taxa reprodutiva dos animais, levando a uma diminuição da diversidade de espécies do ecossistema afetado. Marques et al. (2009), ponderam que outras anormalidades nucleares resultantes de danos análogos, tais como, fragmentos, células binucleadas e bilobadas, também precisam ser consideradas para uma avaliação mais detalhada da exposição destes organismos aos contaminantes genotóxicos. A formação de núcleos bilobados, por exemplo, pode indicar o início de alterações no metabolismo celular (WASIELESKY et al., 2015).

Corpos de cromatina não refrativos, circulares ou ovóides, menores do que um terço do núcleo principal e apresentando o mesmo padrão de coloração e de focalização como o núcleo principal, são classificados como micronúcleos (AL-SABTI e METCALFE, 1995). Carrasco et al. (1990), classificaram outras anormalidades nucleares eritrocitárias (ANE) além do micronúcleo, como: *lobed*, *blebbed*, *notched* e binucleada (Figura 1).

Anormalidades nucleares descritas por Carrasco et al. (1990):

- *Binucleated* - células apresentando dois núcleos de tamanhos similares,
- *Blebbed* - núcleo com uma pequena evaginação no envoltório nuclear, formando uma bolha,
- *Notched* - núcleo com uma pequena fenda (invaginação),
- *Lobed* - núcleo com evaginação no envoltório nuclear maior que *blebbed*, formando um lóbulo.

Figura 1: Ilustração de anormalidades nucleares eritrocitárias.



Fonte: Emilly Valentim, baseado em Carrasco et al. (1990).

As enzimas antioxidantes são também biomarcadores (bioquímico) de grande importância, pois apresentam resultados significativos para indicar as condições de um determinado ecossistema. A enzima superóxido dismutase (SOD) pode ser considerada uma das defesas antioxidantes mais importantes no processo de neutralização de espécies reativas de oxigênio (EROs), pois catalisa a destruição do radical ânion superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), convertendo-o em oxigênio ( $O_2$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). A presença da enzima SOD favorece essa dismutação tornando a reação de primeira ordem, eliminando a necessidade da colisão entre as moléculas (BARREIROS et al., 2006).

A Glutathione S-Transferase (GST) também é uma enzima antioxidante de grande importância e tem como função principal atuar no processo de biotransformação e eliminação de xenobióticos em defesa da célula contra o estresse oxidativo. A GST pertence a um grupo de enzimas multifuncionais responsáveis por catalisar a ação nucleofílica da forma reduzida da glutathione (GSH) a compostos que apresentam um carbono, um nitrogênio ou um átomo de enxofre eletrofílico (HAYES et al., 2005).

O malondialdeído (MDA) também é um biomarcador bioquímico, sendo resultado final do processo de peroxidação lipídica, e através dele pode-se obter o índice de peroxidação lipídica de diversos organismos. É bastante utilizado na indústria alimentícia para calcular a peroxidação lipídica de alimentos (JANERO, 1990). Atualmente vem sendo bastante utilizado em conjunto com a atividade das enzimas antioxidantes em trabalhos sobre estresse oxidativo (VAN DER OOST et al., 2003). Porém, em animais aquáticos, há pouca informação sobre o metabolismo do MDA.

Portanto, através da utilização de biomarcadores genéticos e bioquímicos, objetivou-se avaliar a influência antropogênica nas espécies de peixes coletadas em diferentes pontos do Baixo São Francisco, a fim de realizar um diagnóstico ambiental da região e gerar dados confiáveis, que sejam utilizados como ferramenta para a melhoria das políticas públicas de proteção para o Baixo São Francisco, suas espécies e principalmente a população ribeirinha.

## **METODOLOGIA**

### ***- Captura dos animais***

As coletas foram realizadas durante a III Expedição Científica do Baixo São Francisco, durante o período de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020, nos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Penedo, Brejo Grande e Piaçabuçu (Foz). Vários espécimes de peixes com potencial bioindicador foram capturados ao longo de todo trecho.

Determinou-se um ciclo diário de captura dos peixes, as redes eram lançadas durante a madrugada e retiradas pela manhã, este ciclo foi repetido durante os dez dias de expedição. Ainda na embarcação-laboratório foi realizada a biometria (peso, comprimento total e padrão), identificação dos peixes (sexo e espécie). Foram coletados fragmentos de fígado e brânquia (Figura 2A) e sangue da região do opérculo/brânquia para realização do esfregaço (Figura 2B).

### ***- Marcadores de estresse oxidativo e genotóxico***

Metodologia realizada no Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA - UFAL).

#### **a) Preparo das amostras**

Fragmentos de fígado e brânquia (100 mg) dos peixes foram homogeneizados em tampão fosfato de potássio (pH 7.4) 0.2 M e a suspensão centrifugada por 10 minutos a 4°C, com velocidade de 12.000 rpm. O sobrenadante resultante foi utilizado para as análises da atividade das enzimas Superóxido Dismutase (SOD), Glutathione S-transferase (GST) e Peroxidação lipídica (MDA).

Figura 2: Coletas das amostras para análise e de sangue e preparo de esfregaço sanguíneo..



### **b) Atividade enzimática**

A atividade da SOD foi mensurada nos tecidos em espectrofotômetro ( $\lambda = 570\text{nm}$ ) (DIETERICH et al. 2000) baseado na capacidade desta enzima em catalisar a reação do superóxido e o peróxido de hidrogênio e, assim, diminuir a razão de auto-oxidação do pirogalol. Os resultados foram expressos em U SOD  $\text{mg proteína}^{-1}$ .

A atividade da enzima GST foi mensurada de acordo com a metodologia de Habig et al., (1974), por meio da formação do conjugado glutationa-2,4-dinitrobenzeno (CDNB) pelo aumento da absorbância ( $\lambda = 340\text{ nm}$ ) durante 60 segundos. O coeficiente de extinção molar do CDNB  $\epsilon_{340} = 9,6\text{ mM cm}^{-1}$  foi utilizado para os cálculos.

### **c) Peroxidação lipídica (MDA)**

Os níveis de MDA foram mensurados como descrito por Buege e Aust (1978). O tecido foi homogeneizado em solução de ácido tricloroacético (15%) /ácido tiobarbitúrico (0,375%)/ácido clorídrico (0,25 M). A mistura reacional total foi mantida em banho-maria durante 40 minutos a 90°C e logo após foi resfriado em gelo. Em seguida, as amostras foram centrifugadas (10 minutos, 15°C, 2.500 rpm), o sobrenadante usado para mensurar a absorbância a 535nm em espectrofotômetro (190-1100nm do feixe (RBC) UV/Vis), os níveis totais de MDA em cada amostra foram determinado por meio de curva padrão a partir de concentrações conhecidas de 1,1,3,3-tetramethoxypropane (TMPO).

#### **- Anormalidades Nucleares Eritrocitárias (ANE)**

A genotoxicidade (dano ao DNA) foi avaliada por meio da visualização de micronúcleos e outras anormalidades nucleares através de esfregaços do sangue dos peixes.

Os esfregaços foram preparados em lâminas de microscópio utilizando 10 µL da solução de sangue/EDTA 10% por lâmina. A lâmina foi seca em temperatura ambiente, fixada em etanol absoluto durante 24 horas e corada com Giemsa 10% durante 40 minutos. Foram preparadas duas lâminas por indivíduo e as anormalidades foram identificadas conforme descrito por (CARRASCO et al., 1990). A frequência das anormalidades foi calculada com a contagem de 1500 eritrócitos periféricos por lâmina, totalizando 3000 eritrócitos por indivíduo, utilizando microscópio (objetiva 1000X). Foram também realizados registros fotográficos das anormalidades mais frequentes. Esta última etapa (análise microscópica) realizada no Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA - UFAL).

#### **- Análise Estatística**

Para avaliar os dados genotóxicos foi realizada uma análise de variância e método de *Tukey* a 95% de confiança.

Para avaliar os dados enzimáticos foram analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós teste de *Tukey*. Para tratamento estatístico, a análise dos resultados obtidos foi processada em software Prism 5.1 (GraphPad, Califórnia, Estados Unidos). Para efeito estatístico, foram considerados significativos os valores que apresentarem  $P < 0,05$ .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O diagnóstico ambiental foi realizado através de marcadores de dano oxidativo e genotóxico. Durante a expedição foram capturados indivíduos das espécies pirambeba (*Serrasalmus branditti*), curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*), pacu (*Metynnis maculatus*), piau três pintas (*Megaleporinus obtusidens*), piranha vermelha (*Pygocentrus piraya*), tucunaré (*Cichla monoculus*) e oscar (*Astronotus ocellatus*). Os animais que foram coletadas foram utilizados tanto para análise enzimática quanto genotóxica.

A intensa atividade econômica sobre o Rio São Francisco vem exercendo uma pressão ascendente sobre os recursos naturais e hídricos, principalmente nas áreas de irrigação intensiva, além das áreas afetadas por poluição de origem diversa. Outra área de grande preocupação é o impacto da regulação da vazão do rio (principalmente para geração de energia hidrelétrica) nos processos hidro-, geo- e morfológicos do rio e a cascata de consequências sedimentológicas, químicas e biológicas dessas mudanças no estuário, litoral e ambiente marinho (OFFICE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT & ENVIRONMENT, 2005)

Os resíduos tóxicos de efluentes industriais, processos de drenagem agrícola, derramamento de resíduos químicos e esgotos domésticos contribuem para a contaminação dos ecossistemas aquáticos com elevado número de agentes tóxicos, como metais, pesticidas, além de outros compostos orgânicos e inorgânicos, impactando-os nos organismos aquáticos que dependem deste meio (RIBEIRO; BARCELOS; D'ARCE, 2014). Para identificar o impacto destes agentes nos organismos aquáticos e sua biomagnificação surge o biomonitoramento ou monitoramento biológico que pode ser definido como o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar mudanças no ambiente utilizando entre outros meios a resposta de animais imersos nesse meio (DALZUCHIO et al., 2016).

Mesmo sem a intervenção humana ambiental, os organismos aquáticos desenvolveram ao longo da sua evolução barreiras físicas e químicas para impedir a propagação de doenças. Os obstáculos físicos iniciais a estes agentes são as mucosas das brânquias, pele, sistema digestivo e trato genito-urinário (BOLS et al., 2001; CONTRERAS et al., 2020). Além disso, o fígado de peixes produz compostos humorais como proteínas do sistema complemento e proteínas de fase aguda da resposta inflamatória que promovem a primeira barreira contra o agente patógeno (BILLER-TAKAHASHI; URBINATI, 2014).

Além disso, o descarte de poluentes no meio aquático tem o potencial de causar estresse oxidativo nestes organismos (TANG et al., 2021). Considerando a inflamação

como o último componente da imunidade inata, podemos inferir que a inflamação é um complexo de eventos moleculares e celulares projetados para limpar o tecido lesado (BOLS et al., 2001). Essa limpeza pode ser mediada pelas espécies reativas de oxigênio ou nitrogênio por isso a utilização destes marcadores como ferramenta para biomonitoramento ambiental é tão importante.

Somando-se a isso, em ambientes aquáticos a disponibilidade de oxigênio pode ser drasticamente reduzida (hipóxia) ou até mesmo ausente (anóxia), e variar tanto sazonalmente quanto diariamente, em virtude, tanto da poluição quanto da interferência da maré, o que ocasiona o estresse oxidativo (DONAGHY et al., 2015). Devido a essa cascata de eventos investigamos a atividade das enzimas antioxidantes de dois órgãos chaves, as brânquias, responsável pela captação de oxigênio e trocas gasosas, e fígado como principal órgão de detoxificação.

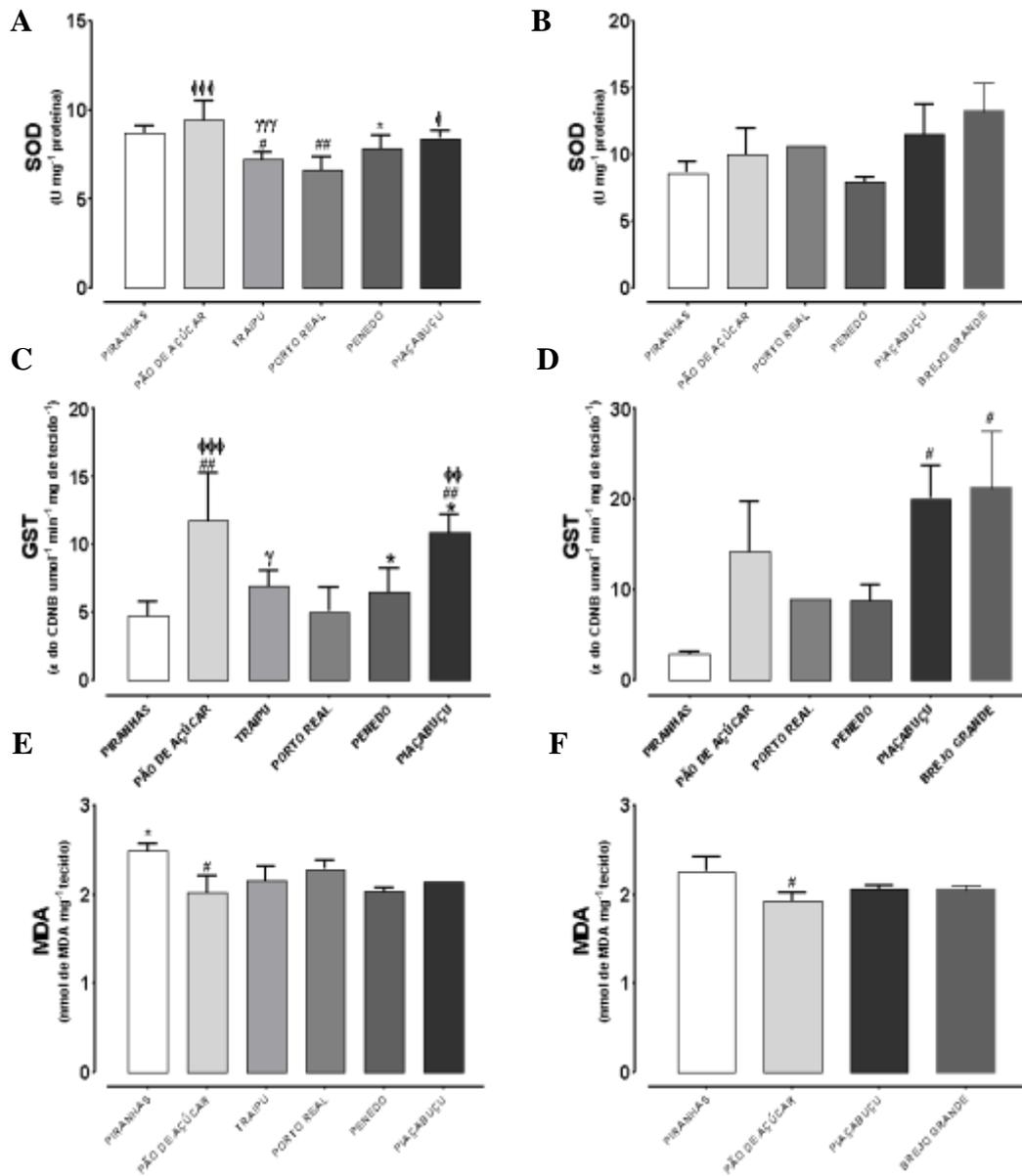
Diferente do que aconteceu em 2019, foi realizada uma captura maior dos indivíduos das espécies pirambeba (*Serrasalmus branditti*) e tucunaré (*Cichla monoculus*), por esse motivo, foi feita inicialmente a análise enzimática em brânquias (Figura 4) e fígado (Figura 5) nestes dois espécimes. Os valores da SOD das pirambebas coletadas em Porto Real foram menores do que os encontrados em outros pontos. Os municípios de e Traipu, Piaçabuçu, Piranhas e Penedo têm valores enzimáticos similares. Em Pão de Açúcar foi observado o maior valor de SOD.

A atividade da enzima glutathione S-transferase (GST), como pode ser visto na Figura 4C, na pirambeba, e no tucunaré Figura 4D, foi diferente entre as espécies avaliadas. Na pirambeba coletado em Pão de Açúcar, destaca-se os maiores valores encontrados, seguido por Piaçabuçu. Em tucunaré podemos observar que os últimos pontos, Piaçabuçu e Brejo Grande tiveram valores aumentados deste marcador.

A peroxidação lipídica é um marcador que reflete a degradação de oxidativa a lipídios das membranas celulares. E reflete a perda da capacidade da membrana de manter a célula viável, o que, em excesso, pode levar a doenças e morte do animal. A pirambeba, apenas no município de Piranhas, apresentou valor maior que os demais, demonstrando que neste ponto o impacto ambiental está causando diminuição da integridade celular. Já em Pão de açúcar, tanto em pirambeba quanto em tucunaré observou-se uma leve diminuição neste marcador. Os demais pontos não foram diferentes entre si.

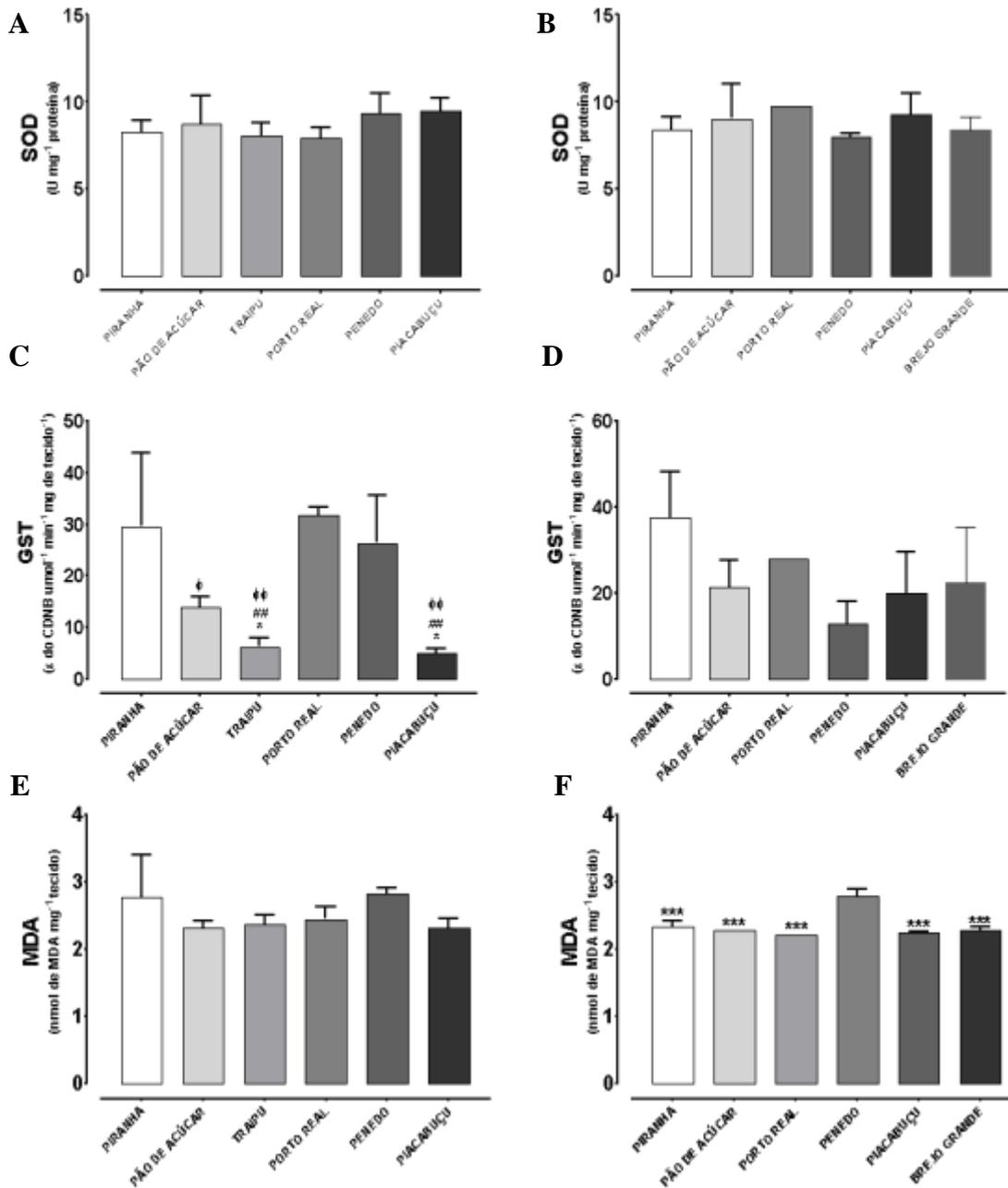
Figura 4: Avaliação das atividades das enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD) e glutathione S-transferase (GST), como também da peroxidação lipídica (MDA) em brânquias de

pirambeba (A, C, E) e tucunaré (B, D, F). As atividades das enzimas foram mensuradas em brânquias de pirambeba e tucunaré coletadas no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A atividade de SOD foi expressa em unidade de SOD por miligrama de proteína. A atividade de GST em fígado foi expressa através do coeficiente de extinção molar do CNDB. A concentração de malonaldeído (MDA) está expressa em nanomols. Os resultados foram analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%. (#P<0,05; ##P<0,01: quando comparado a Piranhas, \*P<0,05: quando comparado a Penedo,  $\gamma$ P<0,05 ou  $\gamma\gamma\gamma$  P<0,0001: quando comparado a Pão de Açúcar;  $\phi$ P<0,05 ou  $\phi\phi\phi$ P<0,001: quando comparado a Porto Real).



É possível observar na Figura 05, as atividades enzimáticas e a peroxidação lipídica mensurada no fígado da pirambeba e do tucunaré. A SOD não mostrou nenhuma diferença entre os pontos analisados de ambas espécies.

Figura 05: Avaliação das atividades das enzimas antioxidantes da superóxido dismutase (SOD) e Glutathione S-transferase (GST), como também da peroxidação lipídica (MDA) em fígado de pirambeba (A, C, E) e Tucunaré (B, D, F). As atividades das enzimas foram mensuradas em fígado de pirambeba e tucunaré coletados no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A atividade de SOD foi expressa em unidade de SOD por miligrama de proteína. A atividade de GST em fígado foi expressa através do coeficiente de extinção molar do CNDB. A concentração de malonaldeído (MDA) está expressa em nanomols. Os resultados foram analisados utilizando o teste ANOVA de uma via com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%. (#P<0,05; ##P<0,01: quando comparado a Piranhas, \*P<0,05 ou \*\*\*P<0,001: quando comparado a Penedo;  $\phi$ P<0,05 ou  $\phi\phi$ P<0,01: quando comparado a Porto Real).



Na Figura 5 C, mostra que a atividade da GST no fígado da pirambeba em Pão de Açúcar, Traipu e Piaçabuçu foi menor do que os outros pontos, o que não foi visto em tucunaré.

A peroxidação lipídica (Figura 5 E e F) avaliada em Pirambeba não apresentou diferença entre os pontos, já no tucunaré coletado em Penedo apresentou o maior valor. Avaliando a peroxidação em pirambeba e tucunaré observamos que em Pão de Açúcar há uma ligeira diminuição deste marcador em brânquias (Figura 4), o que não foi visto em fígado (Figura 5). Porém em fígado de tucunaré houve aumento da peroxidação apenas em penedo dentre todos os pontos analisados.

Ao avaliar o tucunaré não foi identificada diferença entre os pontos testados na SOD de brânquias e fígado, nem em GST do fígado. As diferenças encontradas entre as respostas das espécies podem ser tanto pela característica fisiológica quanto pelos hábitos alimentares. Apesar das diferenças observadas na GST de brânquias, isso não foi visto em fígado, demonstrando que as brânquias, por estarem em contato direto com os compostos e estar em contato direto com a água, sofrem mais com a poluição ambiental.

A pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) foi coletada em todos os pontos (municípios) e, por ser uma espécie endêmica, pode ser utilizada como um ótimo bioindicador das condições de saúde do rio. O tucunaré (*Cichla monoculus*), apesar de ser uma espécie exótica, foi também encontrado na maioria dos pontos de coleta, ultrapassando a quantidade de pontos de coleta da expedição anterior (SOARES et al., 2020), o que faz dele outro bom bioindicador.

Pode-se observar a atividade da SOD em brânquias, que apresentou diferenças significativas entre os grupos (Figura 6). Os animais coletados em Brejo Grande têm uma média para SOD mais elevada do que a encontrada nos outros pontos. O mesmo ocorre quando comparamos os animais encontrados em Piaçabuçu.

A atividade da SOD encontrada em fígado dos peixes, onde ressalta-se que nos animais coletados em Traipu a SOD em fígado foi mais baixa do que a encontrada em Porto Real, Penedo, Piaçabuçu e Pão de Açúcar (Figura 7). Enquanto, em Piranhas foi significativamente menor do que Porto Real, Penedo, Pão de Açúcar e Piaçabuçu.

Figura 6: Avaliação da atividade das enzimas antioxidantes da superóxido dismutase (SOD). A atividade da enzima foi mensurada em brânquias de peixes encontrados no Baixo São Francisco

durante na III Expedição. A atividade de SOD em brânquias foi expressa em unidade de SOD por miligrama de proteína. Os resultados foram analisados utilizando o ANOVA com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95% ( $F_{(6, 64)} = 8.28, p=0,000$ ). As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

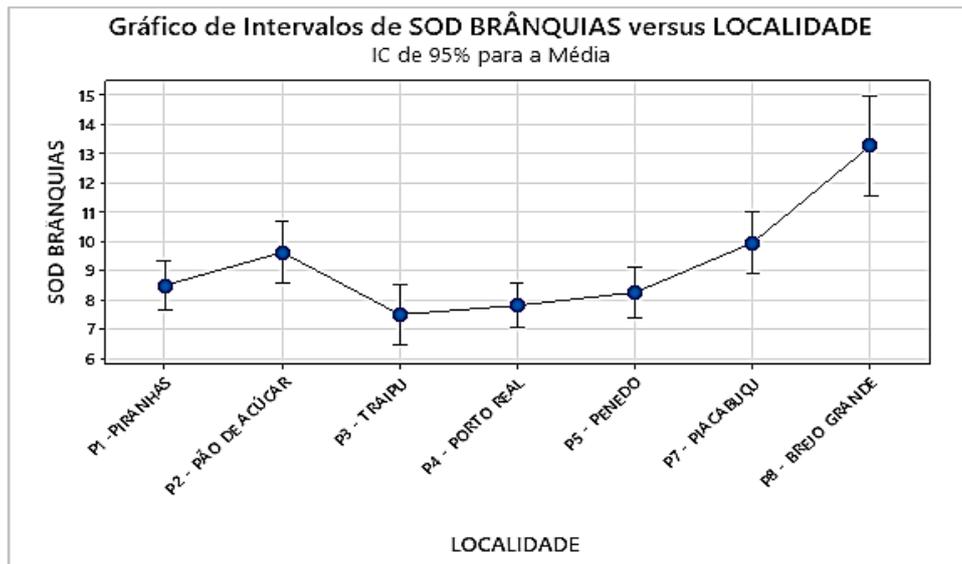
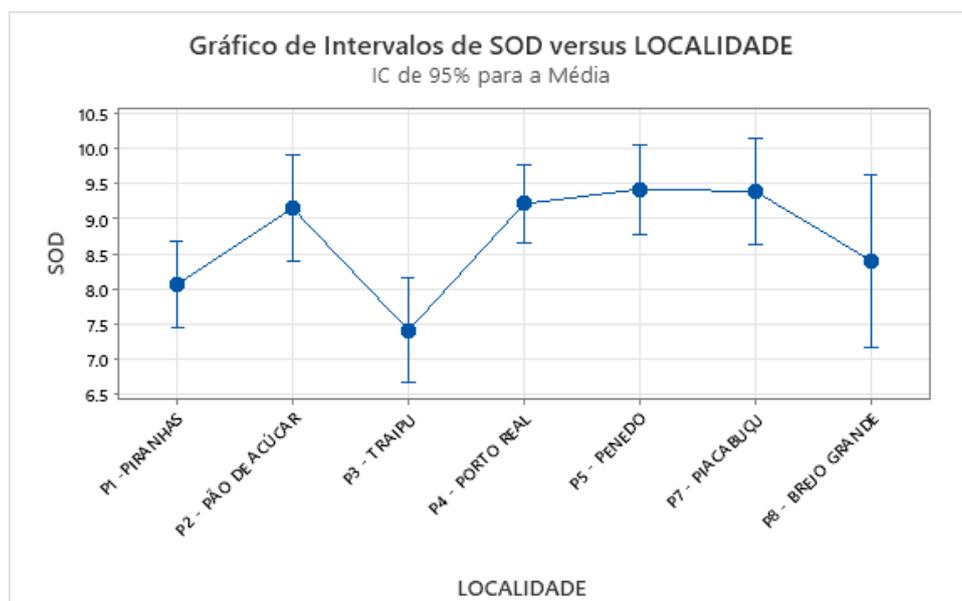


Figura 7: Avaliação da atividade das enzimas antioxidantes da superóxido dismutase (SOD). A atividade da enzima foi mensurada em fígado de peixes encontrados no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A atividade de SOD em fígado foi expressa em unidade de SOD por miligrama de proteína. Os resultados foram analisados utilizando o ANOVA com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95% ( $F_{(6, 64)} = 4.90, P=0,000$ ).

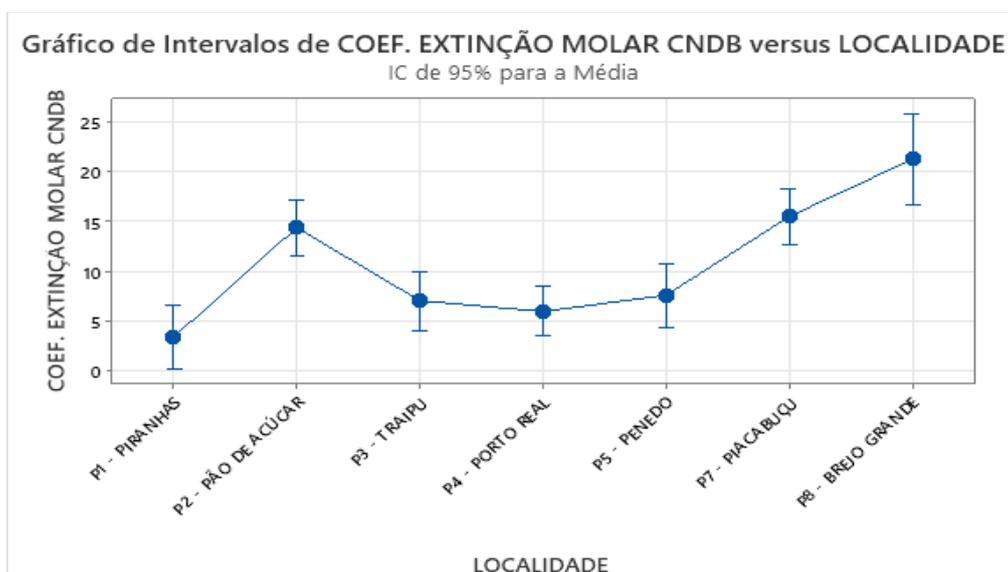


Apesar de Piranhas ser o primeiro ponto de coleta, após a represa e, por isso, ser o primeiro a receber a descarga de contaminantes que antes estavam estocados, a enzima SOD dos animais encontrados aqui não divergiram muito da maioria dos outros pontos.

Isso, precisa ser melhor aprofundado pois, nos eventos que acarretam a formação de espécies reativas de oxigênio, o ânion superóxido,  $O_2^{\cdot-}$ , é o primeiro radical formado e a enzima superóxido dismutase (SOD) o catalisa através da dismutação em  $H_2O_2$ . A SOD em brânquias da pirambeba não foi diferente da encontrada em Piaçabuçu, que foi o penúltimo ponto avaliado. Enquanto a atividade da SOD em fígado de pirambeba em Piranhas foi similar aos vistos em Porto Real e Traipu, demonstrando que apesar da represa conter os poluentes, eles devem ou estar diluídos ou a velocidade da água deve ajudar a lavar estes contaminantes do ambiente, por isso a necessidade de investigação. Vale ressaltar que os resultados mostrados aqui podem ser efeito desses contaminantes na enzima, que pode estar com sua atividade reduzida ou bloqueada, este fato deve ser melhor investigado futuramente.

A atividade da GST em brânquias, onde foi possível identificar diferenças significativas apenas entre Traipu e Piranhas, Traipu e Porto Real do Colégio (Figura 8). Da mesma forma, os valores encontrados de GST em fígado, apresentaram o mesmo comportamento (Figura 9).

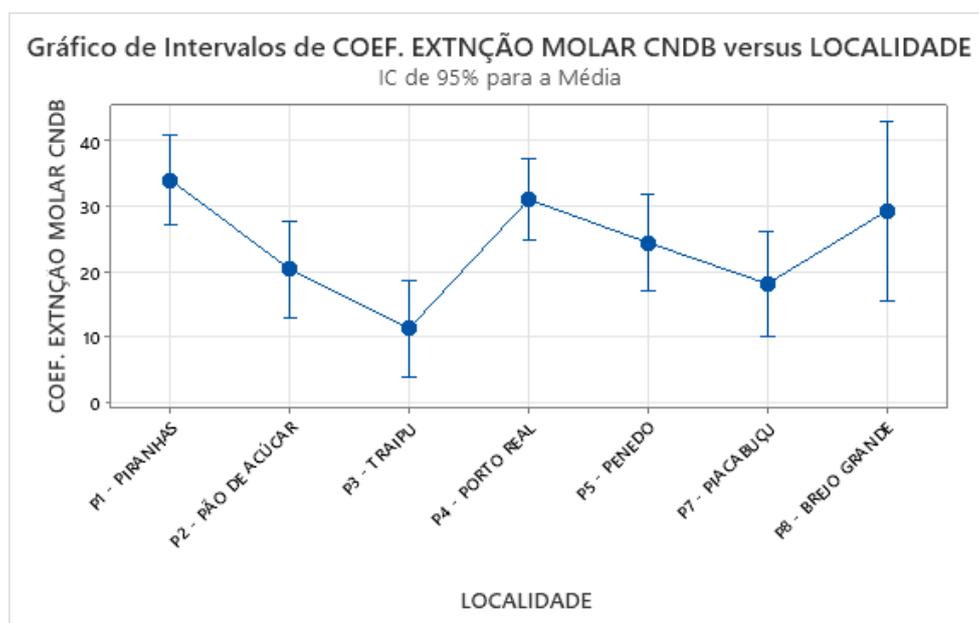
Figura 8: Avaliação da atividade da enzima antioxidante Glutathione S-transferase (GST). A atividade da enzima foi mensurada em brânquias de peixes encontrados no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A atividade de GST em brânquias foi expressa através do coeficiente de extinção molar do CNDB. Os resultados foram analisados utilizando o ANOVA com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95% ( $F_{(6, 51)} = 4.45, P=0,001$ ).



Quando analisados em conjunto, os animais coletados em Piranhas apresentam baixo índice de GST em brânquias e alto índice em fígado. A GST é uma enzima importante do processo de limpeza do organismo contra agentes invasores. Os substratos

mais comuns das glutathione transferases podem incluir: haletos de alquila, epóxidos, compostos  $\alpha$ ,  $\beta$ -insaturados (como quinonas, iminoquinonas, aldeídos, cetonas, lactonas e ésteres), haletos de arila e nitro aromáticos. Alguns destes são altamente genotóxicos, encontrados em agroquímicos, e sua detoxificação pode ser controlada pela ação de GSTs (HUBER; ALMEIDA; DE FÁTIMA, 2008).

Figura 9: Avaliação da atividade da enzima antioxidante Glutathione S-transferase (GST). A atividade da enzima foi mensurada em fígado de peixes encontrados no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A atividade de GST em fígado foi expressa através do coeficiente de extinção molar do CNDB. Os resultados foram analisados utilizando o ANOVA com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95% ( $F_{(6, 46)} = 4.94, P=0,001$ ).



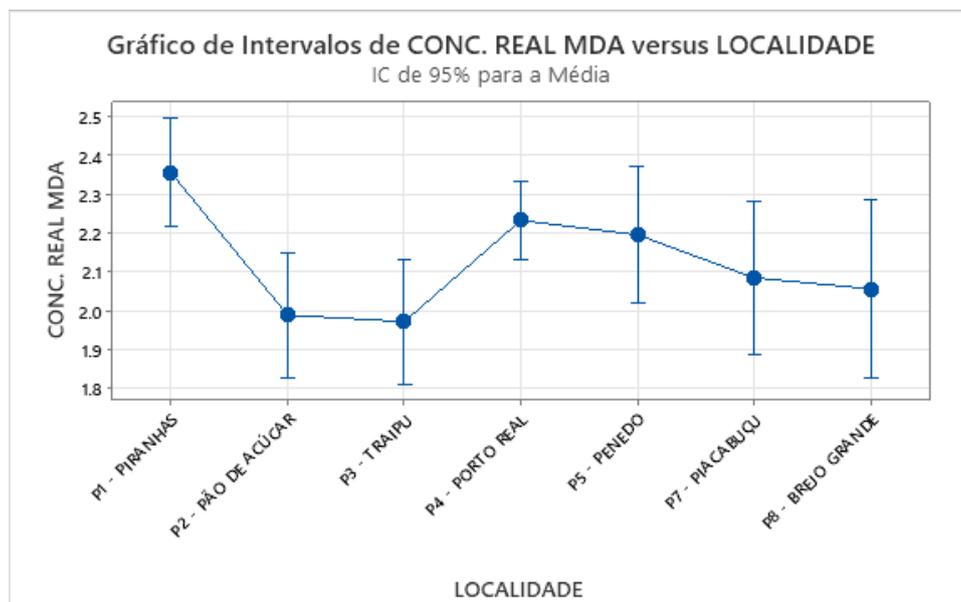
Um aumento na atividade hepática da GST já foi reportado em vários estudos após a exposição de peixes a contaminantes orgânicos, ao sedimento coletado em locais poluídos ou mantidos em locais impactados (CAMARGO; MARTINEZ, 2006; GALLAGHER; GROSS; SHEEHY, 2001).

A atividade da GST nas brânquias dos peixes coletados em Piranhas, tanto pirambeba quanto tucunaré apresentou baixos índices deste marcador, em Pão de Açúcar volta a crescer, cai em Traipu, Porto Real e Penedo, e volta a subir em Piaçabuçu e Brejo Grande. Este comportamento precisa ser melhor investigado. Em fígado, a resposta é completamente diferente, demonstrando a correlação e importância da GST neste órgão. Piranhas, como esperado, demonstra altos índices deste agente detoxificador. Pão de Açúcar e Traipu em queda, Porto Real e Penedo em alta em ambas as espécies. No entanto

em Piaçabuçu, a pirambeba teve índices baixos de GST em fígado enquanto que em tucunaré os valores permaneceram iguais aos pontos anteriores. No presente trabalho a GST encontrada em fígado e brânquias se comportaram de maneira distinta em todos os pontos, o que precisa ser melhor investigado.

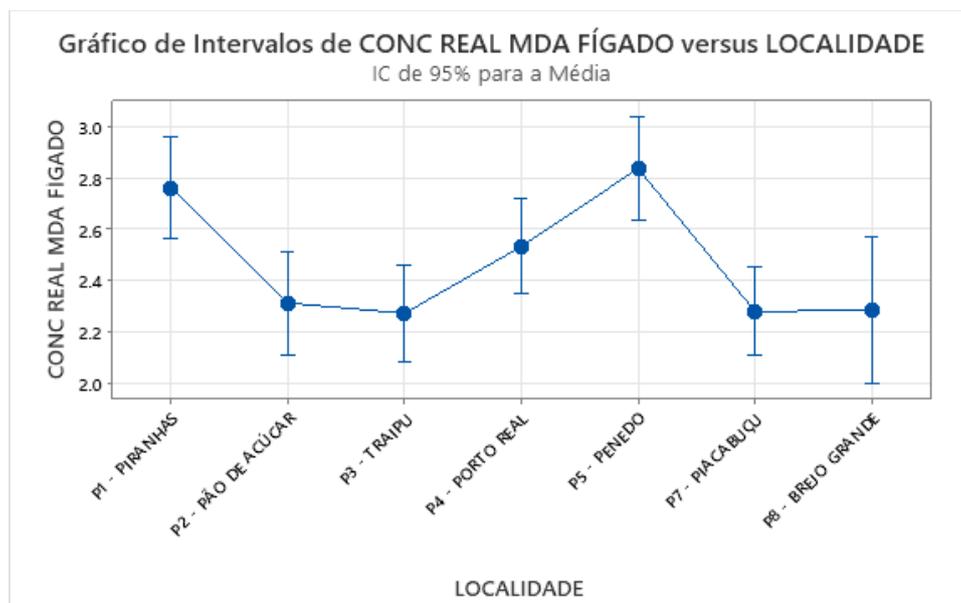
Para aprofundar este entendimento e, avaliar a defesa antioxidante em peixes, também foi realizado o teste de MDA, marcador de peroxidação lipídica (Figuras 10 e 11). Apesar da determinação de malonaldeído, ser um indicador de peroxidação lipídica com pouca especificidade, os dados de MDA tornam-se significativos quando usados em conjunto (HILL; SINGAL, 1996). Foi possível observar que a peroxidação lipídica em brânquias e fígado é maior em Piranhas, Penedo e Porto Real, já Traipu apresentou os menores índices.

Figura 10: Avaliação da peroxidação lipídica em brânquias. Foi mensurada em fígado de peixes encontrados no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A concentração de malonaldeído (MDA) está expressa em nanomols. Os resultados foram analisados utilizando o ANOVA com pós teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95% ( $F_{(6, 46)} = 3.63, P=0,006$ ).



**Figura 11:** Avaliação da peroxidação lipídica em fígado. Foi mensurada em fígado de peixes encontrados no Baixo São Francisco durante na III Expedição. A concentração de malonaldeído (MDA) está expressa

em nanomols Os resultados foram analisados utilizando o ANOVA com pós teste de *Tukey*, com intervalo de confiança de 95% ( $F_{(6, 42)} = 6.11, P < 0,001$ )



Com estes dados em conjunto, foi possível visualizar que Traipu apresentou os menores valores de SOD, GST e MDA tanto em brânquias quanto em fígado dos peixes encontrados. Estes dados são divergentes do ano passado, já que Traipu apresentou o maior valor de SOD e o menor valor de MDA em brânquias. Apesar deste ponto está no ‘meio’ do rio, Traipu apresenta desde as expedições anteriores valores altos de coliformes e, além disso, nesta expedição, antes de Traipu foram observados os menores valores de ORP (potencial óxido/redução) e oxigênio dissolvido. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Já foi identificado em outros estudos que a carga bacteriana, medida por coliformes fecais, afeta o metabolismo do estresse oxidativo e a resposta imune inata (DAUTREMEPUITS et al., 2009), por isso não podemos inferir se o que vemos aqui é uma diminuição da atividade enzimática por diminuição de produção de espécies reativas ou por causa da modulação através dos coliformes ou pelo próprio oxigênio disponível no ambiente que pode estar atuando na diminuição ou na inativação da atividade enzimática.

Traipu apresenta fundo de areia, assoreamento, com macrófitas. Já em Porto Real, os pescadores entrevistados no ano de 2019 relataram uso de bombas e bolinhos de arroz embebidos em formol (métodos proibidos pela legislação ambiental). O escoamento dos produtos químicos agrícolas usados nas culturas de cana-de-açúcar, arroz, horticultura, o

descarte do azoto da cana e principalmente os pontos de despejo do esgoto urbano nas cidades de Traipu, Porto Real do Colégio, Neópolis, Piaçabuçu e Penedo (dados de 2019), podem corroborar com os nossos achados. Portanto os valores enzimáticos amenos encontrados nesta localidade podem ter sido ocasionados pelo sinergismo do alto índice de coliformes, pelo uso de agentes tóxicos, além do descarte de esgoto.

Ainda, pode-se visualizar na comparação de todos os indivíduos que Traipu apresentou o menor índice de malonaldeído de todos os pontos, o que nos demonstra que, mesmo com os valores baixos de SOD, o sistema antioxidante de defesa está sendo apto a proteger a integridade das membranas celulares. Já em Porto Real do Colégio, ponto seguinte ao de Traipu, houve um aumento de SOD e GST em fígado o que refletiu nos valores de MDA sendo muito próximo ao encontrado em Piranhas.

Como as espécies reativas de oxigênio podem causar pelo menos 100 diferentes tipos de lesões ao DNA, incluindo modificações de base, quebras de fita simples, dupla e ligações cruzadas (XU et al., 2015). A exposição continuada à essa substância podem causar também alterações a nível celular, atingindo o material genético e comprometendo o funcionamento das células, podendo se estender e atingir tecidos e órgãos, causando danos teciduais, reduzindo a reprodução por atingir células reprodutivas (WHITE & RASMUSSEN, 1998).

Para investigar a genotoxicidade do ambiente foi avaliada a frequência média de micronúcleos e anormalidades nucleares encontradas em eritrócitos dos peixes capturados. Foram avaliados cerca de 70 animais (os mesmos utilizados nas enzimas), sendo contabilizados cerca de 200 mil eritrócitos.

A presença de anormalidades foi confirmada em todos os pontos de coleta (Figura 12). Os pontos que apresentaram uma maior frequência média de anormalidades foram Penedo, Brejo Grande e Porto Real do Colégio, apresentando resultados similares nos dados estatísticos. Pão de Açúcar e Traipu obtiveram as menores frequências de anormalidades. Piaçabuçu e Piranhas obtiveram desempenhos similares, com valores acima de Pão de Açúcar e Traipu e abaixo dos demais pontos (Figura 13).

Figura 12: Anormalidades observadas em eritrócitos de *Serrasalmus branditt* coletada no ponto de Penedo. A) Vacúolo; B) Blebbed; C) Notched.

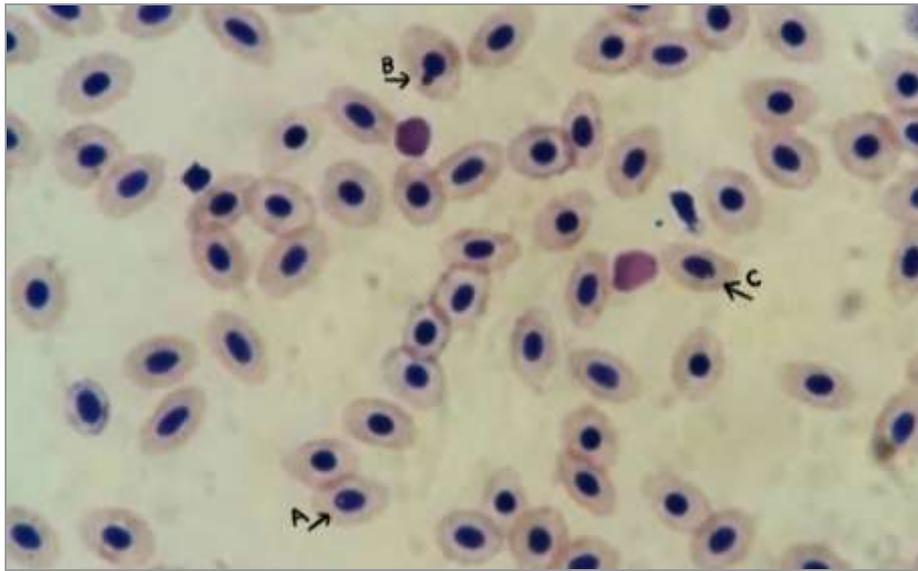
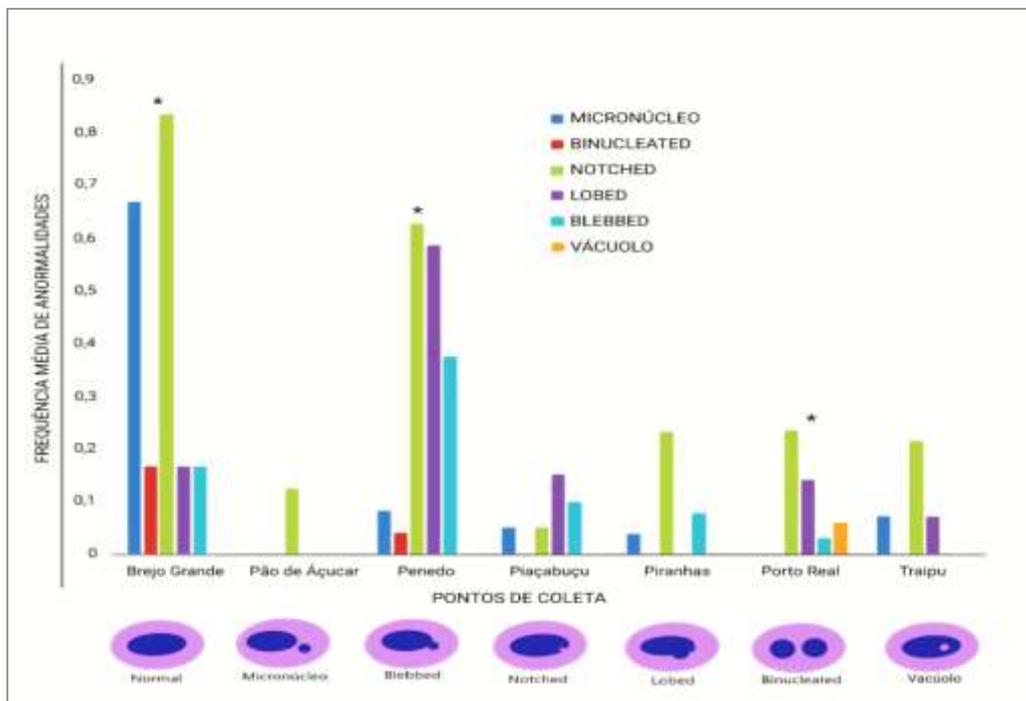


Figura 13: Frequência média de Anormalidades Eritrocitárias nos diferentes pontos de coleta

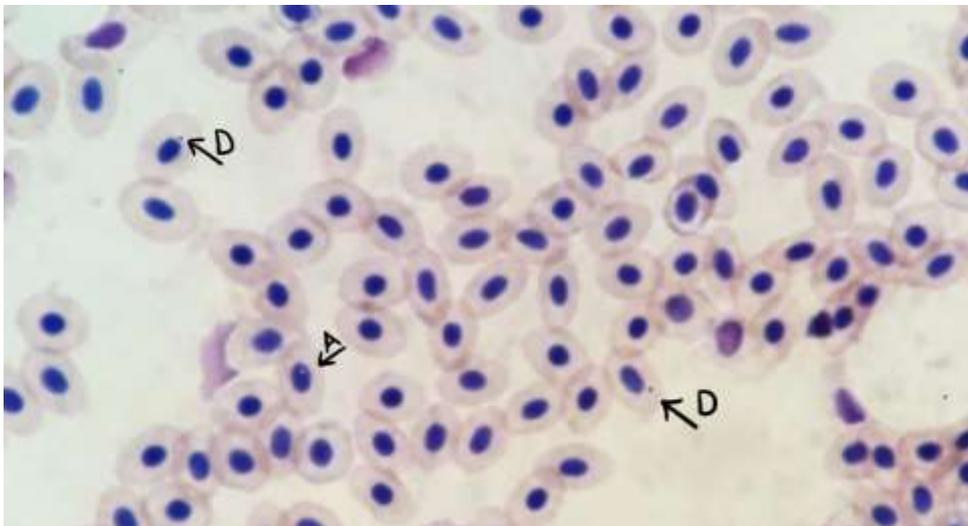


A presença de anormalidades em todos pontos de coletas pode estar associada a presença dos efluentes não tratados das cidades e a lixiviação de compostos químicos residuais das culturas que percorrem o rio próximo às suas margens. Cidades com um maior índice populacional, como Penedo, podem apresentar uma maior frequência de anormalidades nos indivíduos avaliados devido a maior ação antrópica sobre o rio.

Del-Guercio et al. (2016), buscando avaliar os potenciais genotóxico e mutagênico do efluente doméstico de uma cidade do interior de São Paulo, utilizaram peixes da espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) como biomarcadores, como ocorreu nos resultados obtidos neste trabalho, constataram a presença de diversas anormalidades como micronúcleo, *lobed*, *blebbed* e *notched*.

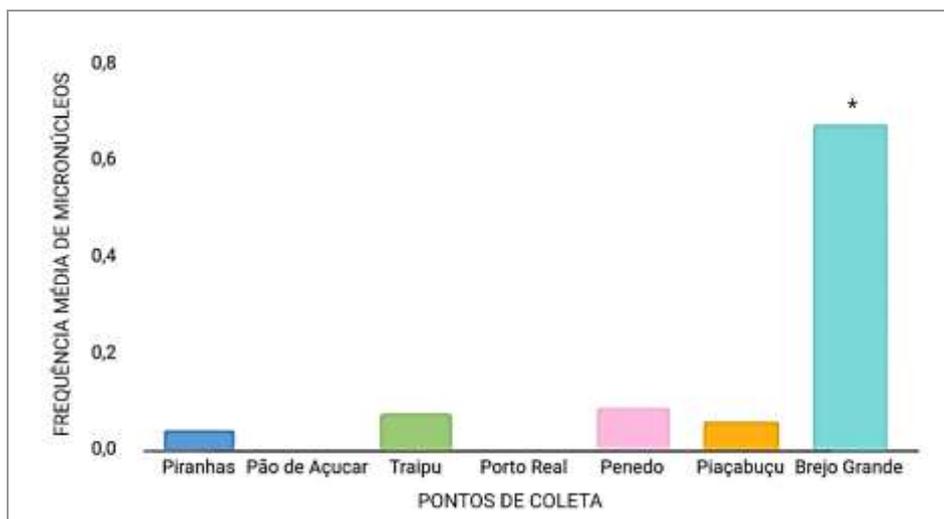
Não foi observada a presença de micronúcleo em todos os pontos avaliados. Apenas o ponto de Brejo Grande apresentou diferença significativa na frequência de micronúcleos avaliados, possuindo a maior quantidade de micronúcleos contabilizados (Figura 14). Não foram encontrados micronúcleos nos indivíduos dos pontos de Pão de Açúcar e Porto Real do Colégio. Nos demais pontos foram contabilizados em baixa quantidade, não apresentando diferença significativa com os demais pontos (Figura 15).

Figura 14: Anormalidades observadas em eritrócitos de *Cichla monoculus* coletada no ponto de Brejo Grande. A) Vacúolo; D) Micronúcleo



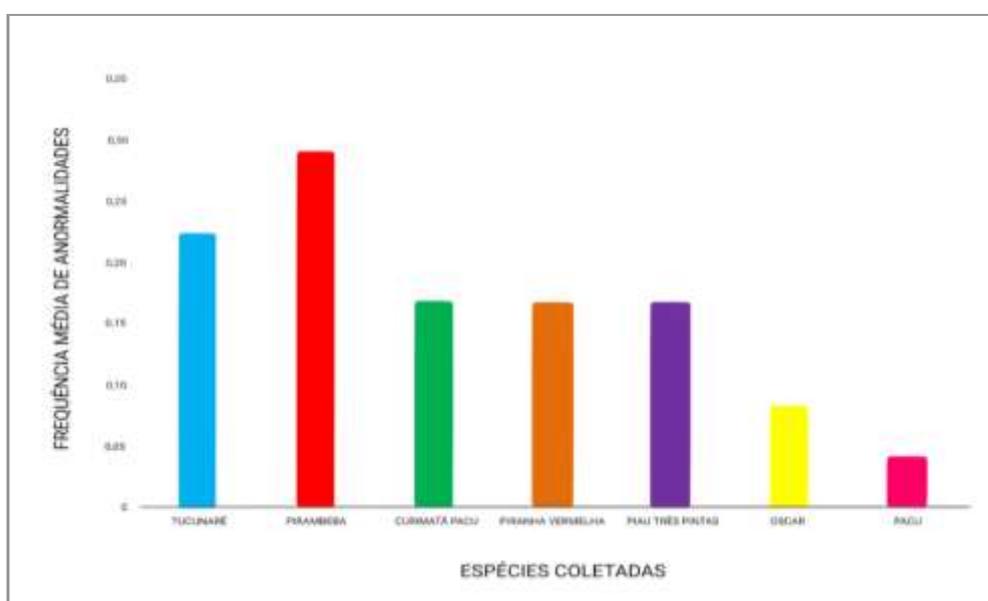
O teste do micronúcleo é uma das análises mutagênicas bastante utilizadas, com diversos estudos realizados ao longo dos anos que mostram a relação entre a maior frequência de micronúcleos em peixes de áreas próximas a plantações com risco de contaminação por agrotóxicos e pesticidas (KÖNEN & ÇAVAS et al., 2008; ÇAVAS, 2011).

Figura 15: Frequência média de micronúcleos nos diferentes pontos de coletas



Além do ambiente, características fisiológicas, morfológicas, comportamentais e alimentares podem ser responsáveis pela frequência de micronúcleos e anormalidades nucleares nos peixes. Considerando esses fatores, foi realizada também uma avaliação separada das espécies analisadas nos pontos de coleta. A espécie que apresentou maior frequência de anormalidades foi a pirambeba (*S. branditt*), seguida do tucunaré (*C. monoculus*). As espécies curimatã-pacu (*P. argenteus*), piranha vermelha (*P. piraya*) e piau três pintas (*M. obtusidens*) apresentaram valores semelhantes. As espécies oscar (*A. ocellatus*) e pacu (*M. maculatus*) apresentaram as menores frequências de anormalidades (Figura 16).

**Figura 16:** Frequência média de anormalidades eritrocitárias nas diferentes espécies analisadas.



A pirambeba (*S. branditt*) e o tucunaré (*C. monoculus*) são espécies que apresentam um hábito alimentar predominantemente carnívoro, estando no topo da cadeia alimentar, ficando expostas ao processo de biomagnificação. Além do alto nível trófico na cadeia alimentar, são espécies que realizam pouca ou nenhuma migração (LIMA et al., 2018). As espécies carnívoras possuem maior capacidade de bioacumulação de poluentes em seus tecidos (LACERDA et al., 2020). O tucunaré é considerado um animal territorialista (SOARES et al., 2007), ficando por mais tempo em uma determinada região do rio, sendo assim um bom bioindicador das condições de um determinado ecossistema. A pirambeba é considerada um pequeno migrador, não percorrendo longas distâncias ao longo do rio, o que também coloca a espécie como um bom indicador das condições ambientais. Por estas espécies apresentarem este comportamento mais sedentário ficam consequentemente mais expostos aos contaminantes do habitat em que vivem.

A frequência média de anormalidades observadas no tucunaré foi semelhante aos valores observados em indivíduos da mesma espécie analisados em 2019 (SOUZA et al., 2020). A frequência média de anormalidades na pirambeba se mostrou maior que os dados anteriores, indicando uma maior exposição desses indivíduos à presença de xenobióticos, resultando no aumento dos danos a seu material genético.

## **CONCLUSÃO**

A atividade das enzimas antioxidantes pode ser elevada ou inibida dependendo do tipo e concentração da substância tóxica. Mas, os resultados deste trabalho demonstram que a direção e magnitude da resposta de biomarcadores de estresse oxidativo variam entre espécies, tecidos e entre diferentes misturas complexas de contaminantes, mais que isso, mostra que a atividade detoxificadora do sistema, apesar de encontrar-se em plena atividade pode não estar sendo capaz de suportar a demanda.

Os dados apresentados da degradação oxidativa dos lipídios, são de grande importância, pois tal evento tem como consequência a deterioração celular, que pode acarretar no aparecimento de doenças, diminuição do crescimento e da capacidade reprodutiva da espécie e até levar a morte do animal.

O teste de micronúcleo e outras anormalidades nucleares mostrou-se adequado para a avaliação da genotoxicidade nas espécies analisadas, além de revelar as condições ambientais do ecossistema avaliado. Analisando a frequência de anormalidades por espécies, pode-se supor que os organismos reagem de formas diferentes à exposição aos agentes nocivos, essa diferença pode ser explicada pelos hábitos alimentares e

comportamentais, como pôde ser observado nas espécies tucunaré e pirambeba, que apresentaram diferença significativa no total de anormalidades observadas quando comparadas com as demais espécies.

Os resultados obtidos pelos diferentes biomarcadores utilizados podem ser indicativos de alterações na qualidade da água, que comprometem a saúde do rio e dos organismos aquáticos presentes nesse ecossistema, bem como de toda a população que utiliza o rio. Assim, é de extrema importância a continuidade das análises bem como a identificação das causas de tais alterações, para combater as mesmas e minimizar seus efeitos no Velho Chico e sua população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SABTI, K.; METCALFE, C. D. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. **Mutation Research/Genetic Toxicology**. 343 (2-3): 121-135. 1995.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BILLER-TAKAHASHI, J. D.; URBINATI, E. C. Fish immunology. The modification and manipulation of the innate immune System: Brazilian studies. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 3, p. 1483–1495, 2014.

BOLS, N. C.; BRUBACHER, J. L.; GANASSIN, R. C.; LEE, L. E. J. Ecotoxicology and innate immunity in fish. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 25, n. 8–9, p. 853–873, 2001.

BUEGE, I.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods Enzymol**, v. 30, p. 302-310, 1978.

CAMARGO, M. M. P.; MARTINEZ, C. B. R. Biochemical and physiological biomarkers in *Prochilodus lineatus* submitted to in situ tests in an urban stream in southern Brazil. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 21, n. 1, p. 61–69, 2006.

CONTRERAS, G.; SHIRDEL, I.; BRAUN, M. S.; WINK, M. Defensins: Transcriptional regulation and function beyond antimicrobial activity. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 104, p. 103556, 2020.

CARRASCO, K. R.; TILBURY, K. L.; MYERS, M. S. Assessment of the Piscine Micronucleus Test as an in situ Biological Indicator of Chemical Contaminant Effects. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, Vol. 47, 1990.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A Bacia**. CBHESF. 2014. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

DALZOCHIO, T.; RODRIGUES, G. Z. P.; PETRY, I. E.; GEHLEN, G.; DA SILVA, L. B. The use of biomarkers to assess the health of aquatic ecosystems in Brazil: a review. **International Aquatic Research**, v. 8, n. 4, p. 283–298, 2016.

- DAUTREMEPUITS, C.; MARCOGLIESE, D. J.; GENDRON, A. D.; FOURNIER, M. Gill and head kidney antioxidant processes and innate immune system responses of yellow perch (*Perca flavescens*) exposed to different contaminants in the St. Lawrence River, Canada. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 3, p. 1055–1064, 2009.
- DIETERICH, S.; et al. Gene Expression of Antioxidative Enzymes in the Human Heart: Increased Expression of Catalase in the End-Stage Failing Heart. **Circulation** 101:33–39. 2000.
- DONAGHY, L.; HONG, H. K.; JAUZEIN, C.; CHOI, K. S. The known and unknown sources of reactive oxygen and nitrogen species in haemocytes of marine bivalve molluscs. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 42, n. 1, p. 91–97, 2015.
- FREITAS, C. E. C.; SOUZA, F. K. S. O uso de peixes como bioindicador ambiental em áreas de várzea da bacia amazônica. **Rev. Agrogeoambiental**, v. 1 n. 2, p. 39-45, 2009.
- FRONTALINI, F. E.; COCCIONI, R. Benthic foraminifera as bioindicators of pollution: A review of Italian research over the last three decades. **Rev Micropaleontology**, v. 54, p. 115-127, 2011.
- GALLAGHER, E. P.; GROSS, T. S.; SHEEHY, K. M. Decreased glutathione S-transferase expression and activity and altered sex steroids in Lake Apopka brown bullheads (*Ameiurus nebulosus*). **Aquatic Toxicology**, v. 55, n. 3–4, p. 223–237, 2001.
- HABIG, W. H.; PABST, M. J.; JABOKY, W. B. Glutathione S-Transferases The first enzymatic step in mercapturic acid formation\*. **The journal of biological chemistry** Vol. 249, No. 22, p. 7130-7139, 1974 Print & in U.S.A.
- HAYES, J. D.; FLANAGAN, J. U.; JOWSEY, I. R. Glutathione Transferases. **Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.** v. 45, 51-88, 2005.
- HILL, M. F.; SINGAL, P. K. Antioxidant and oxidative stress changes during heart failure subsequent to myocardial infarction in rats. **The American journal of pathology**, v. 148, n. 1, p. 291–300, 1996.
- HUBER, P. C.; ALMEIDA, W. P.; DE FÁTIMA, Â. Glutathione e enzimas relacionadas: Papel biológico e importância em processos patológicos. [S. l.]: **Sociedade Brasileira de Química**, 2008.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno Da Região Hidrográfica do São Francisco**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.
- JANERO, D. R. Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 9, n.6, p. 515-540, 1990.
- JAVED, M.; AHMAD, I.; USMANI, N.; AHMAD, M. Chemosphere Studies on biomarkers of oxidative stress and associated genotoxicity and histopathology in *Channa punctatus* from heavy metal polluted canal. **Chemosphere**, v. 151, p. 210–219, 2016.
- LACERDA, D. et al. Comparative metal accumulation and toxicogenetic damage induction in the three neotropical fish species with distinct foraging habits and feeding preferences. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 195, 2020.
- LAM, P. K. S.; GRAY, J. S. The use of biomarkers in environmental monitoring programme. **Marine Pollution Bulletin**. v. 46 (2), 182-186, 2003.

LIMA, L. B. D.; MORAIS, P. B.; ANDREADE, R. L. T.; MATTOS, L. V.; MORON, S. E. Use of biomarkers to evaluate the ecological risk of xenobiotics associated with agriculture. **Environmental Pollution**, v. 237, p. 611-624, 2018.

MARQUES S. M., ANTUNES S. C.; PISSARRA H.; PEREIRA M. L, GONÇALVES F.; PEREIRA R. Histopathological changes and erythrocytic nuclear abnormalities in Iberian green frogs (*Rana perezii* Seoane) from a uranium mine pond. **Aquatic Toxicology**, 91: 187–195. 2009.

OBIAKOR, M. O.; OKONKWO, J. C.; NNABUDE, P. C.; EZEONYEJIAKU, C. D. Ecogenotoxicology: Micronucleus Assay in Fish Erythrocytes as In situ Aquatic Pollution Biomarker: a Review. **Journal of Animal Science Advances**, 2(1): 123-133. 2012.

OFFICE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT & ENVIRONMENT. **TOWARDS THE INTEGRATED AND SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE SFRB.** [S. l.: s. n.]. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/gefsf>. Acesso em: 8 abr. 2021.

SILVA, J.; HEUSER, V; ANDRADE, V. Biomonitoramento ambiental. In: Silva J, Erdtmann B and Henriques J (eds) **Genética Toxicológica**. Alcance, Porto Alegre, pp 167- 178. 2003.

SOARES, E. C. et al. A ictiofauna do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.) **O Baixo São Francisco: características ambientais sociais**. Maceió, Edufal. 2020. 398p.

SOARES, E. C. et al. Condicionamento alimentar no desempenho zootécnico do tucunaré. **Rev. Bra. Eng. Pesca**, v. 2, p. 35-48, 2007.

SOUZA, E. V. et al. Peixes como Bioindicadores para o Monitoramento Ambiental do Baixo São Francisco. In: SOARES, E.C.; SILVA, J.V.; NAVAS, R. (Orgs.) **O Baixo São Francisco: características ambientais sociais**. Maceió, Edufal. 2020. 398p.

TANG, J.; WANG, W.; JIANG, Y.; CHU, W. Diazinon exposure produces histological damage, oxidative stress, immune disorders and gut microbiota dysbiosis in crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). **Environmental Pollution**, v. 269, p. 116129, 2021.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environ. Toxicol. Pharmacol.** v. 13, p. 57-149, 2003.

VASCONCELOS, M. G. **Avaliação integrada da qualidade da água do Rio Uberabinha - MG com base na caracterização química dos sedimentos e de espécimes da ictiofauna. 2012.** 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Acesso em: 25 de maio de 2021.

XU, B. et al. Oxidative stress preferentially induces a subtype of micronuclei and mediates the genomic instability caused by p53 dysfunction. **Mutat Research**, v. 770, p. 1–8, 2015.

WASIELESKY, A. A.; JORGE, M. B.; BIANCHINI, A. Frequência de células micronucleadas e anomalias nucleares como ferramenta para monitoramento da qualidade da região hidrográfica da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. **Congresso de Iniciação Científica**. 14ª edição, 2015.

WHITE, P.A. & RASMUSSEN, J.P. The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. **Mutat. Res.** 410, p. 223-236, 1998.

ZELHUBER, A.; SIQUEIRA, R. Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. Cadernos do CEAS: **Revista Crítica de Humanidades CEAS**. UCSa

Tabela 1: Análise de variância

<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ (Aj.)</b>	<b>QM (Aj.)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
LOCALIDADE	6	107.3	17.882	8.28	0.000
Erro	58	125.2	2.159		
Total	64	232.5			

Tabela 2: Médias da atividade antioxidante de SOD em brânquias coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

<b>LOCALIDADE</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>		
P8 - BREJO GRANDE	3	13.28	A		
P7 - PIACABUÇU	8	9.981		B	
P2 - PÃO DE ACÚCAR	8	9.653		B	C
P1 - PIRANHAS	12	8.525		B	C
P5 - PENEDO	11	8.288		B	C
P4 - PORTO REAL	15	7.846			C
P3 - TRAIPIU	8	7.535			C

As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tabela 7: Análise de variância

<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ (Aj.)</b>	<b>QM (Aj.)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
LOCALIDADE	6	32.58	5.430	4.90	0.000
Erro	58	64.23	1.107		
Total	64	96.81			

Tabela 8: Médias da atividade antioxidante de SOD em fígado coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

<b>LOCALIDADE</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>		
P5 - PENEDO	11	9.414	A		
P7 - PIACABUÇU	8	9.381	A	B	
P4 - PORTO REAL	15	9.206	A	B	
P2 - PÃO DE ACÚCAR	8	9.143	A	B	
P8 - BREJO GRANDE	3	8.399	A	B	C
P1 - PIRANHAS	12	8.066		B	C
P3 - TRAIPIU	8	7.414			C

As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tabela 9: Análise de variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
LOCALIDADE	6	1300.5	216.75	14.28	0.000
Erro	41	622.1	15.17		
Total	47	1922.6			

Tabela 10: Médias da atividade antioxidante de GST em brânquias de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco

LOCALIDADE	N	Média	Agrupamento
P8 - BREJO GRANDE	3	21.30	A
P7 - PIACABUÇU	8	15.54	A
P2 - PÃO DE ACÚCAR	8	14.41	A
P5 - PENEDO	6	7.625	B
P3 - TRAIPI	7	7.062	B
P4 - PORTO REAL	10	5.972	B
P1 - PIRANHAS	6	3.414	B

As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tabela 11: Análise de variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
LOCALIDADE	6	2747	457.84	4.94	0.001
Erro	40	3705	92.63		
Total	46	6452			

Tabela 12: Médias da atividade antioxidante de GST em fígado de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

LOCALIDADE	N	Média	Agrupamento
P1 - PIRANHAS	8	34.03	A
P4 - PORTO REAL	10	31.08	A
P8 - BREJO GRANDE	2	29.34	A B
P5 - PENEDO	7	24.50	A B
P2 - PÃO DE ACÚCAR	7	20.44	A B
P7 - PIACABUÇU	6	18.23	A B
P3 - TRAIPI	7	11.46	B

As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tabela 13: Análise de variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
LOCALIDADE	6	0.8324	0.13873	3.63	0.006

Erro	40	1.5291	0.03823
Total	46	2.3614	

**Tabela 14:** Médias da atividade antioxidante de MDA em brânquias de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco

LOCALIDADE	N	Média	Agrupamento	
P1 - PIRANHAS	8	2.3561	A	
P4 - PORTO REAL	15	2.2330	A	B
P5 - PENEDO	5	2.1959	A	B
P7 - PIACABUÇU	4	2.0854	A	B
P8 - BREJO GRANDE	3	2.0570	A	B
P2 - PÃO DE ACÚCAR	6	1.9899		B
P3 - TRAIPIU	6	1.9726		B

As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

**Tabela 15:** Análise de variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
LOCALIDADE	6	2.155	0.35916	6.11	0.000
Erro	36	2.116	0.05879		
Total	42	4.271			

**Tabela 16:** Médias da atividade antioxidante de MDA em fígado de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco

LOCALIDADE	N	Média	Agrupamento		
P5 - PENEDO	6	2.8382	A		
P1 - PIRANHAS	6	2.763	A	B	
P4 - PORTO REAL	7	2.535	A	B	C
P2 - PÃO DE ACÚCAR	6	2.3142			C
P8 - BREJO GRANDE	3	2.2858		B	C
P7 - PIACABUÇU	8	2.2823			C
P3 - TRAIPIU	7	2.2747			C

As médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Karina Leitão de Oliveira<sup>1</sup>; Emilly Valentim de Souza<sup>1</sup>; Lucas de Oliveira Arruda<sup>1</sup>;  
Vivian Costa Vasconcelos<sup>2</sup>; Emerson Carlos Soares<sup>3</sup> Priscylla Costa Dantas<sup>4</sup>; Themis  
Jesus Silva<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduandos em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>2</sup>Mestre em Zootecnia, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>3</sup>Professor, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

<sup>4</sup>Professora, Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

## RESUMO

O Rio São Francisco é um dos rios brasileiros com mais importância social e econômica para a região Nordeste do país, sendo de grande relevância para dezenas de atividades que são desenvolvidas através desta grande bacia. A poluição que assola os rios acarreta sérios prejuízos para a sanidade dos organismos aquáticos, deixando-os vulneráveis a uma grande variedade de doenças. A má qualidade da água compromete o bem-estar desses animais, podendo reduzir a habilidade de manutenção da homeostase ou provocar enfermidades que levem à morte. As coletas foram realizadas durante a III Expedição do Baixo Rio São Francisco, foram coletadas várias espécies de peixes, entre eles: o tucunaré (*Cichla monoculus*), a pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), oscar (*Astronotus ocellatus*) e a piranha vermelha (*Pygocentrus piraya*). Os animais foram submetidos à análise a fresco e histológica. Os microparasitas do gênero *Capyptospora* foram encontrados infectando o fígado, a vesícula biliar, além de serem encontrados flutuando na bile, a prevalência de microparasitas nos peixes analisados a fresco foi de 61,64%. Através dos achados histológicos foi possível confirmar que as lesões observadas no fígado dos peixes correspondiam a agregações parasitárias de *Capyptospora* sp., ocupando grande áreas do órgão, causando patologias moderadas como alteração da arquitetura normal do tecido hepático e severa degeneração do hepatopâncreas, caracterizando processos de necrose. A análise histológica das brânquias ainda evidenciou que as espécies pirambeba, tucunaré e piranha vermelha, estavam infectadas com o ectoparasita *Monogenea*. Desta forma, é importante conhecer os parasitas que infectam as espécies que habitam o Baixo São Francisco e avaliar os impactos causados pelos mesmos.

**Palavras-chave:** Apicomplexa, *Calyptospora*, *Monogenea*, microparasitas, ectoparasitas.

## INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco é um dos rios brasileiros com mais importância social e econômica para a região Nordeste do país, sendo de grande relevância para dezenas de atividades que são desenvolvidas através desta grande bacia. Segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2014), o mesmo possui cerca de 2.700 km de extensão, tendo sua nascente na Serra da Canastra em Minas Gerais, percorre o sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, chegando ao Oceano Atlântico entre a divisa de Alagoas e Sergipe.

O Rio São Francisco foi subdividido em quatro regiões fisiográficas: alto, médio, submédio e baixo. O Baixo São Francisco (BSF) tem aproximadamente 214 km de extensão, banhando cerca de 86 municípios, tem início a partir do município de Paulo Afonso (BA) corta todo estado de Alagoas e Sergipe, quando finalmente chega até os municípios de Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE), onde está localizada sua foz (SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2006).

O Baixo São Francisco vem sofrendo sérios danos nos últimos anos, segundo Andrade et al. (2004), a exploração descontrolada dos recursos naturais do rio, a utilização incorreta dos solos, o desmatamento de matas ciliares, o uso irracional de agroquímicos, vêm provocando inúmeros problemas ambientais, que alteram a qualidade e quantidade de água da bacia hidrográfica. Além do saneamento inexistente nas cidades ribeirinhas e os efluentes industriais que contribuem para um processo acelerado de degradação ambiental (CBHSF, 2016).

A poluição que assola os rios acarreta sérios prejuízos para a sanidade dos organismos aquáticos, deixando-os vulneráveis a uma grande variedade de doenças. A má qualidade da água compromete o bem-estar desses animais, podendo reduzir a habilidade na manutenção da homeostase ou provocar enfermidades que levem à morte. O estresse resultante pode causar distúrbios no estado fisiológico dos peixes, levando à baixa resistência a doenças, particularmente as infecciosas e parasitárias (BERNET et al., 1999; BALDISSEROTTO et al., 2010).

Os peixes, como a maioria dos vertebrados, são organismos suscetíveis a infecção parasitária, onde a maioria das espécies serve como hospedeiro de um ou mais parasitos (HOSHINO, 2013). Segundo Eiras (1994) e Kubitza e Kubitza (2004), a contaminação das águas pode estar diretamente correlacionada com aumento da frequência de peixes atingidos por parasitas e, já que o ambiente aquático de certa forma é bastante

homogêneo, facilitaria a propagação e distribuição desses organismos, uma vez que eles possuem vários mecanismos de transmissão.

Os parasitos podem ser patogênicos aos peixes, pois costumam infectar órgãos importantes como fígado, brânquias, mesentério, provocando extensas patologias e até mesmo a perda da função do órgão (OKUMURA, 1999). A patogenicidade dos distintos parasitas de peixes varia entre as espécies e depende da intensidade e prevalência do parasitismo, do órgão afetado, da presença de outras infecções coexistentes e dos fatores ambientais (EIRAS, 2004).

Parasitas monogênicos são platelmintos que estão entre as parasitoses mais comuns e acometem peixes de vida livre ou cultivados, dulcícolas ou de água salgada. A classe Monogenea pertence a um grupo de ectoparasitos diversificados que desenvolveram diferentes estratégias de fixação durante sua evolução (JERÔNIMO et al., 2016). São altamente específicos quanto ao hospedeiro e observados vivendo em brânquias, nadadeiras, cavidade oral de peixes (THATCHER, 2006).

Os microparasitas do gênero *Calyptospora* pertencem ao Filo Apicomplexa, tem como hospedeiro definitivo os peixes, onde se instalam principalmente no fígado e na vesícula biliar. A literatura descreve cinco espécies identificadas, sendo que três delas ocorrem em pescados de água doce do Brasil (WHIPPS et al., 2012). Segundo Azevedo (2003), a atividade parasitária desses organismos é potencialmente patogênica em peixes, o que sugere considerar que as lesões nos órgãos dos hospedeiros podem prejudicar seu desenvolvimento, tornando-os suscetíveis a outras infecções e à predação.

A importância de se estudar parasitos de peixes, especificamente em espécies do Baixo São Francisco está principalmente no fato de este constituir um recurso econômico importante, além de amplamente consumido pela população ribeirinha. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo analisar os peixes e identificar morfologicamente parasitas da fauna aquática do Baixo Rio São Francisco. Além de avaliar os possíveis impactos causados pelos mesmos, bem como comparar os resultados obtidos com os da II expedição Baixo São Francisco, afim de verificar o potencial patológico desses parasitos, contribuindo para o conhecimento acerca de mudanças na sanidade dos peixes.

## **METODOLOGIA**

As coletas foram realizadas durante a III Expedição do Baixo Rio São Francisco (Autorização MMA/ICMBio - 75591-1) durante o período de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2020, em oito municípios a margem do rio: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Penedo, Igreja Nova, Porto Real do Colégio/Propriá (SE) e Piaçabuçu/Brejo Grande (SE) (Figura 1A).

Com o auxílio de pescadores profissionais, foram coletadas várias espécies de peixes, entre eles: o tucunaré (*Cichla monoculus*), a pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), oscar (*Astronotus ocellatus*) e a piranha vermelha (*Pygocentrus piraya*). Os peixes passaram por biometria, onde foram pesados e medidos (comprimento total e padrão) (Figura 1B).

Figura 1. Barco laboratório utilizado na expedição (A), biometria no tucunaré (*Cichla monoculus*) (B).



Após a biometria, os peixes foram dissecados e os órgãos inspecionados macroscopicamente à procura de sinais de cistos ou descoloração de algum órgão. Foram retirados pequenos fragmentos (cerca de três milímetros) de tecidos, entre os quais brânquias, fígado e vesícula biliar. Os fragmentos foram colocados em lâminas de vidro, foi adicionado um pouco de água destilada na lâmina com ajuda de uma pipeta, processo necessário para o tecido não desidratar e para melhor aderência da lamínula.

Posteriormente, as lâminas com o material biológico passaram por uma análise minuciosa em busca dos microparasitas. Todas as análises foram feitas com tecido biológico fresco ainda no barco laboratório com auxílio de microscópio óptico. Quando observado a presença de microparasitas foram realizados registros fotográficos (objetiva 100x).

Para realização da análise histológica, os tecidos que continham sinais de parasitismo foram separados e fixados em formol a 10% e após 24 horas fixados em álcool 70% e levados para o Laboratório Aquicultura e Análise de Águas (LAQUA) do Centro de Engenharias e Ciências agrárias (CECA-UFAL), onde os estudos histológicos foram desenvolvidos. Realizou-se a desidratação do tecido em série alcoólica crescente a 80, 90% e 99%. As amostras foram infiltradas em uma mistura de historesina (Leica®) e álcool (1:1) e depois mantidas imersas em historesina pura por mais 24h. O material foi incluído, transferido para moldes de polietileno e mantidos em temperatura ambiente até a polimerização completa dos blocos. Cortes semifinos com 5 µm de espessura foram obtidos em micrótomo rotativo com navalhas de aço inox. Os cortes foram corados com hematoxilina de Harris e eosina e as lâminas montadas com bálsamo do Canadá como meio de montagem. Em seguida, o material foi fotografado em microscópio de luz com câmera digital e analisado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante a III expedição científica do Baixo São Francisco mostraram dados preocupantes em relação à II expedição, nesta apenas o tucunaré (*C. monoculus*) peixe carnívoro e exótico do BSF, apresentou os microparasitas do gênero *Calyptospora* na vesícula biliar e no fígado. Enquanto na III expedição houve ocorrência desses microparasitas em mais duas espécies além do tucunaré, na pirambeba (*S. brandtii*) peixe nativo no BSF, onívoro com tendência carnívora e o oscar (*A. ocellatus*) peixe onívoro e exótico do rio. Além disso, foi encontrado ectoparasitas da classe dos monogenéticos parasitando as brânquias do tucunaré, pirambeba e piranha vermelha (*P. piraya*).

Foram analisados um total de 23 peixes sendo: dois exemplares de tucunaré e dois de pirambeba em Pão de Açúcar; três exemplares de oscar em Porto Real; quatro exemplares de pirambebas, dois de Tucunaré e um de piranha vermelha em Penedo, três exemplares de pirambeba e dois de Piranha em Traipu, dois exemplares de tucunaré em Piaçabuçu e dois exemplares de Tucunaré em Piranhas (Tabela 1). Deste total, dez espécimes apresentaram infecção por microparasitas do gênero *Calyptospora* e sete apresentaram o ectoparasita *Monogenea* parasitando as brânquias.

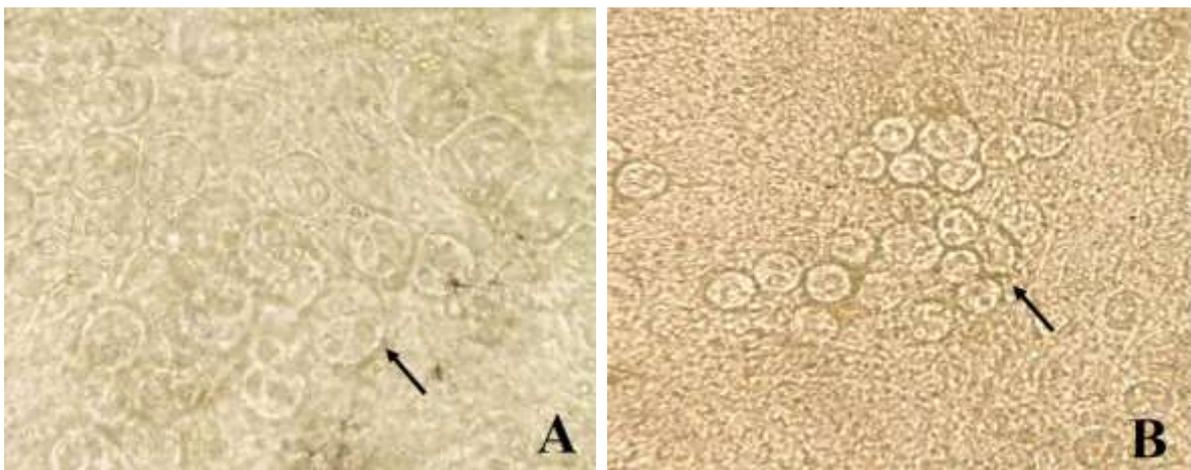
Tabela 1: Cidades e número de espécies capturadas e infectadas.

Cidade	Espécie capturadas	Espécie infectadas ( <i>Calyptospora</i> )	Espécie parasitada ( <i>Monogenea</i> )
--------	--------------------	---	--

Pão de Açúcar	Tucunaré = 2	Tucunaré = 1	
Porto Real	Pirambeba = 2	Pirambeba = 1	
	Oscar = 3	Oscar = 1	
	Pirambeba = 4	Pirambeba = 4	Piranha = 1
Penedo	Tucunaré = 2	Tucunaré = 2	
	Piranha = 1		
Piaçabuçu	Tucunaré = 2	Tucunaré = 1	
Traipu	Pirambeba = 3		Pirambeba = 2
	Piranha = 2		Piranha = 2
Piranhas	Tucunaré = 2		Tucunaré = 2
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>10</b>	<b>7</b>

Os microparasitas foram encontrados infectando o fígado, a vesícula biliar, além de serem encontrados flutuando na bile (Figura 2). O fígado de alguns espécimes estava com uma coloração opaca e foi possível visualizar pequenos cistos de *Calyptospora* sp. que se agrupavam por todo órgão (Figuras 3A-D). A espécie *C. monoculus* exibiu a bile com uma coloração amarela intensa, indicativo de infecção. A prevalência de microparasitas nos peixes coletados foi de 61,64%.

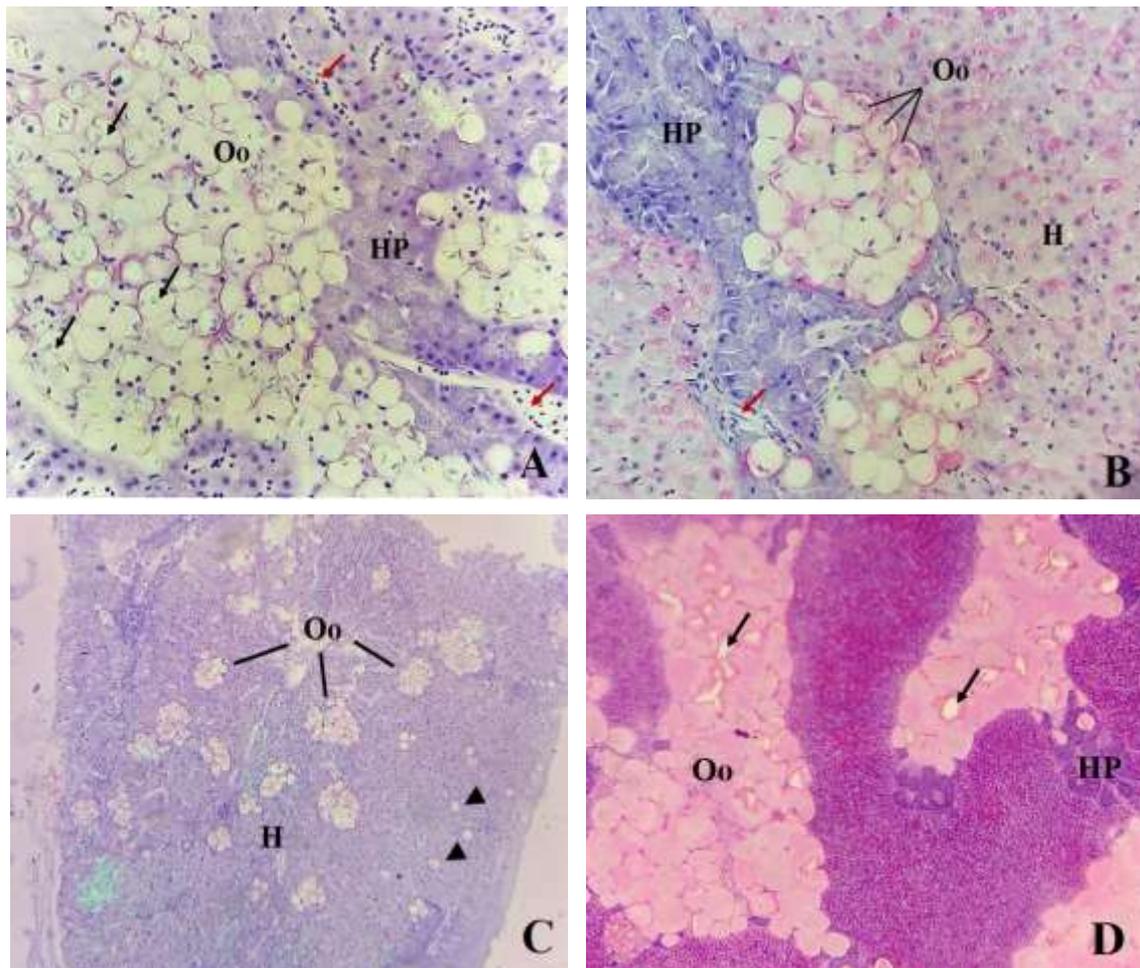
Figura 2. Aglomerados de *Calyptospora* encontrados nos órgãos dos peixes coletados no baixo São Francisco. A) Parasitismo no tecido hepático de *S. brandtii* (Objetiva 100x). B) Parasitismo no tecido biliar de *C. monoculus* (Objetiva 20x) Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



Os microparasitas foram visualizados tanto em oocistos isolados (Figuras 3C, 4B) como em grupos, essa tendência de se apresentarem de forma distribuída de maneira agregada no hospedeiro é uma característica comum em infecções de parasitas (ZUBEN, 1997). Contudo, alta densidade populacional de parasitos pode provocar lesões pouco severas como as inflamações observadas no tucunaré (Figura 3B) e na pirambeba (Figuras

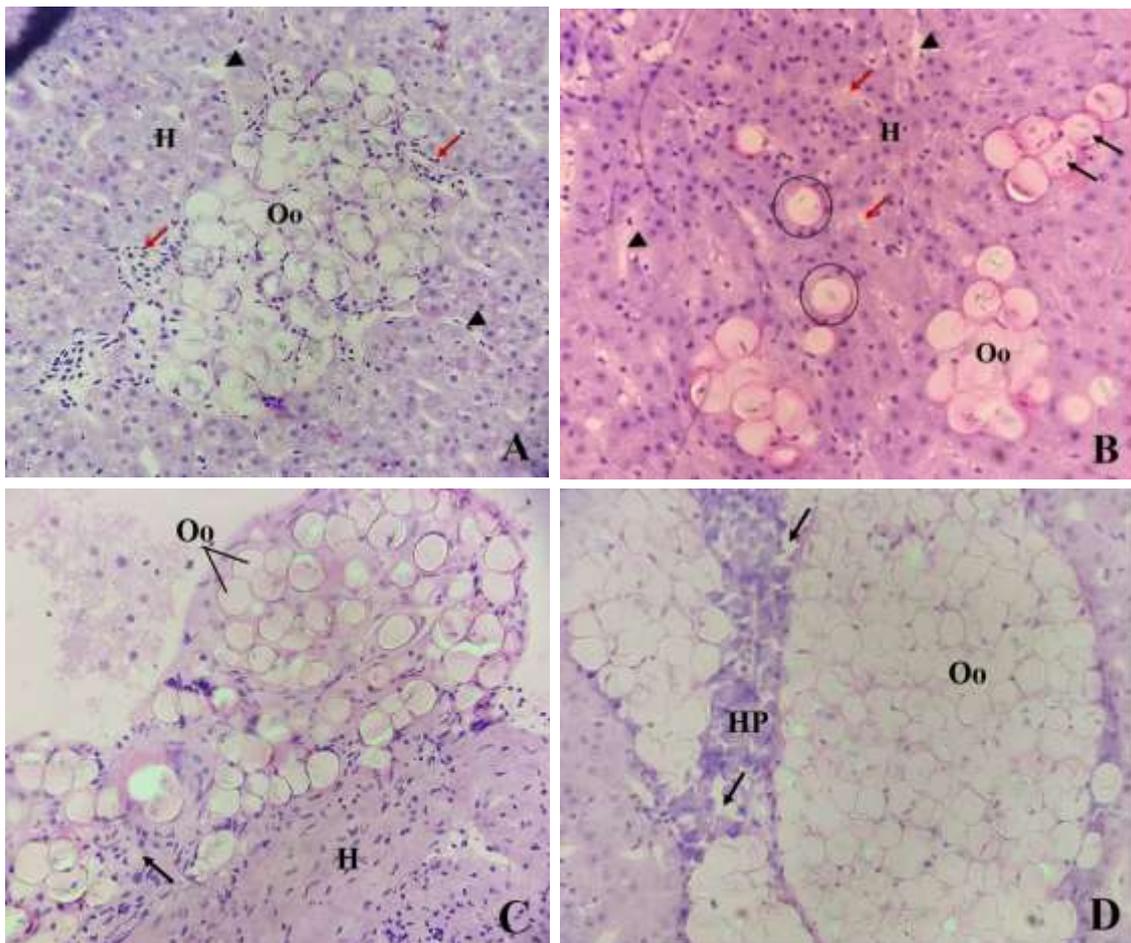
4A, C) em que foi encontrado infiltrado leucocitário no tecido hepático ou de gravidade acentuada como a necrose observada no oscar (Figura 3D) e na pirambeba (Figura 4B).

Figura 3. Cortes histológicos do fígado das espécies coletadas infectados com *Calyptospora* sp. **A)** Hepatopâncreas (HP) de Tucunaré com aglomeração severa de oocistos (Oo) disseminados próximo a vasos sanguíneos (seta vermelha), esporocistos (seta preta). **B)** Tecido pancreático (HP) de Tucunaré com vacúolos parasitóforos bastante pronunciados, hepatócitos normais (H). **C)** Tucunaré com aglomerados de oocistos (Oo) por toda extensão do tecido hepático (H) e cisto isolados (cabeça de seta). **D)** Grandes regiões do hepatopâncreas (HP) do Oscar com oocistos agrupados (Oo) e focos de necrose (setas). Peixes coletados em Pão de Açúcar, Piaçabuçu, Penedo e Porto Real, respectivamente. [Obj. 40x: A, B, D; Obj. 20x: C. HE]. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



A presença de infiltrados leucocitário em torno dos oocistos é característica de um processo inflamatório leve, isso pode ser explicado pela presença de aglomerados de oocistos de *Calyptospora* sp. próximos a vasos sanguíneos (Figura 3A). Segundo Bechara e Szabó (2009) essa reação inflamatória ocorre porque os leucócitos possuem capacidade de incorporar e degradar complexos imunes e restos de células necróticas, e suas enzimas contribuem de outras formas com a resposta defensiva do hospedeiro.

Figura 4. Fotomicrografias do tecido hepático infectado com oocistos de *Calyptospora* sp. **A)** Pirambeba com hepatócitos (H) apresentando infiltrado leucocitário (seta vermelha) em torno do aglomerado de oocistos (Oo) e presença de dilatação dos vasos sinusoides. **B)** Pirambeba com tecido hepático (H) com oocistos em pequenos grupos (Oo), isolados (círculos), dilatação de sinusoides (cabeça de seta), focos de necrose (seta vermelha), detalhe nos esporocistos (setas pretas) dentro do vacúolo. **C)** Grandes vacúolos parasitóforos (Oo) causando desarranjo nos hepatócitos (H) de Pirambeba e infiltração de leucócitos (seta). **D)** Piranha vermelha com grandes regiões do hepatopâncreas (HP) com aglomeração de oocistos (Oo) e degeneração do tecido (setas). Espécies coletadas em Pão de Açúcar, Penedo, Piranhas e Traipu, respectivamente. [Obj. 40x, HE]. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



A identificação dos microparasitas do gênero *Calyptospora*, foi realizada através da visualização dos vacúolos parasitóforos (Figura 3A, B; 4C, D), pois microparasitas deste gênero possuem uma morfologia esférica e dentro deste possui quatro esporocistos, como foi descrito por Casal et al. (2007). Segundo Eiras et al. (2006), os esporocistos são responsáveis pela liberação dos esporozoítos vermiformes, essa liberação dos esporozoítos possibilita a contaminação de novos hospedeiros, começando assim um novo ciclo.

Através dos achados histológicos foi possível confirmar que as lesões observadas no fígado dos peixes analisados correspondiam a agregações parasitárias de *Calypptospora* sp. ocupando grande áreas do órgão (Figura 4D), causando patologias moderadas como alteração da arquitetura normal do tecido hepático (Figura 4A, B) e severas como degeneração do hepatopâncreas (Figura 4D), caracterizando processos de necrose.

Descrições patológicas provocada pelo parasitismo de *Calypptospora* sp. semelhantes às evidenciadas neste trabalho foram encontradas por Videira et al. (2013) no acará *Aequidens plagiozonatus* que habitavam rios do Pará. Os autores encontraram vacúolos parasitóforos por toda extensão do fígado e tecido pancreático. Achados semelhantes foram descritos por Albuquerque e Brasil-Sato (2009) em um estudo realizado no reservatório de Três Marias em Minas Gerais, onde os microparasitas do gênero *Calypptospora* estavam parasitando o fígado e o intestino dos peixes coletados, cerca de 10% dos peixes coletados estavam infectados com o coccídeo.

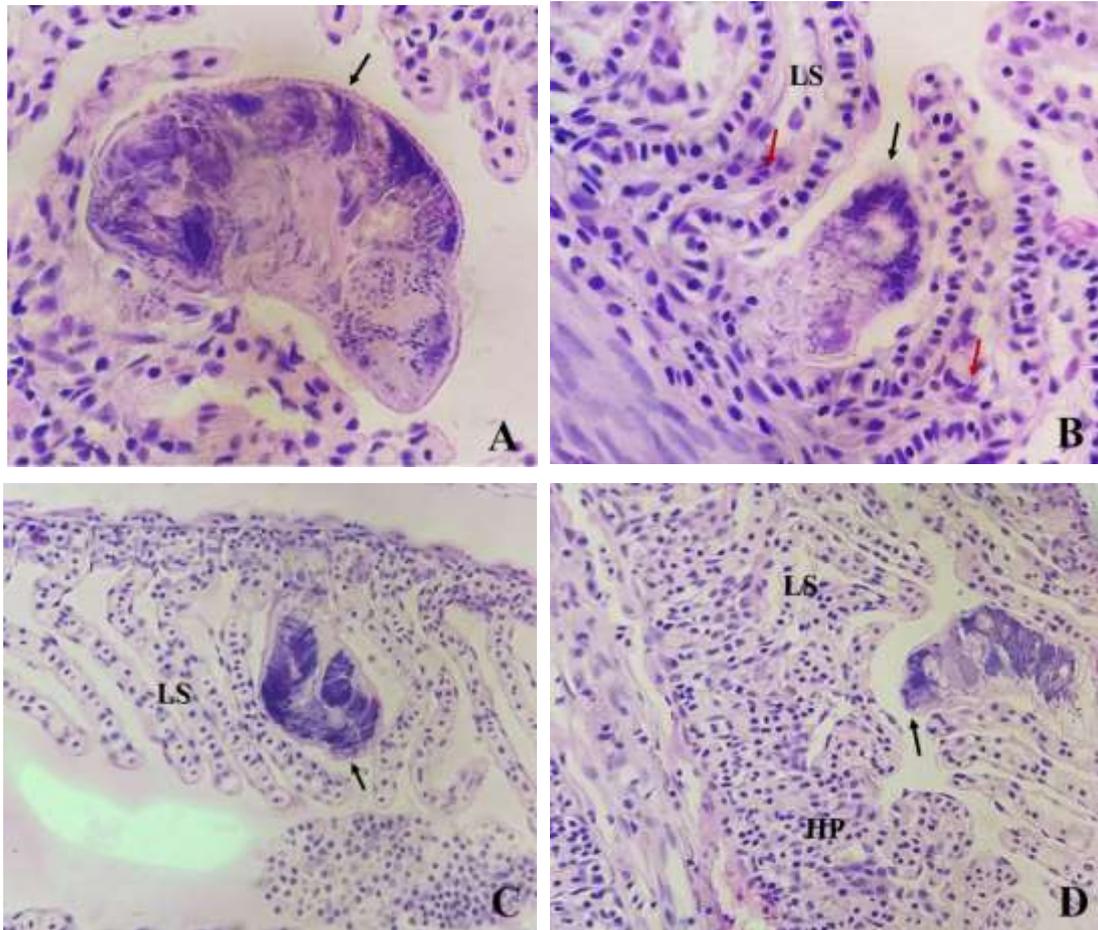
De acordo com Velasco et al. (2012), fígado com mudança na coloração como observado no presente trabalho está relacionado com infecções mais intensas e são causadas pela degeneração do tecido hepático. A degeneração do parênquima hepático causada por *Calypptospora* sp. também foi encontrada em análise histológica realizada por Oliveira et al. (2021) em *Serrasalmus rhombeus*, a piranha negra, oriunda de Ipixuna do Pará. Os danos causados pelo *Calypptospora* sp. tornam-se mais evidentes em nível celular, com alteração da morfologia das células adjacentes aos oocistos (AZEVEDO et al., 1993), como identificado em nos peixes coletados no baixo São Francisco.

O modo de transmissão de microparasitas do gênero *Calypptospora*, ainda não é bem conhecido, mas a infecção por ingestão é considerada a via mais provável de contaminação Fournie et al. (2000). Desta forma é importante continuar o estudo de microparasitas no baixo São Francisco, pois é preciso conhecer melhor o seu ciclo de vida, bem como as consequências das infecções causadas por este coccídeo, pois os mesmos podem atingir espécies endêmicas e economicamente importantes do rio e comprometer a sobrevivências de tais espécies.

A análise histológica das brânquias evidenciou que as espécies de pirambeba coletada no município de Traipu (Figura 5A), tucunaré coletado em Piranhas (Figura 5B) e a piranha vermelha coletada em Penedo (Figura 5C) e Traipu (Figura 5D) estavam infectadas com o ectoparasita *Monogenea*.

Figura 5. Fotomicrografias das brânquias parasitadas com *Monogenea* encontradas nos peixes coletados no baixo São Francisco. **A)** Pirambeba com o ectoparasita (seta) fixado à lamela secundária. **B)** Tucunaré

parasitado por Monogenea (seta), evidenciando processo hiperplásico (setas vermelhas) entre as lamelas secundárias (LS). C) Piranha com lamela secundária (LS) parasitada (seta). D) Piranha parasitada com Monogenea (seta) com hiperplasia e aumento da proliferação celular (HP) nas lamelas secundárias (LS). [Obj. 100x: A; Obj. 40x: B, C, E. HE]. Peixes coletados em Traipu, Piranhas, Penedo e Traipu, respectivamente. Fonte: Elaborada pelos autores (2020).



Os Platelminhos da classe Monogenea são parasitas comuns em brânquias que afetam a saúde do hospedeiro (IVERSEN; CHITTY; METER, 1971). Os monogenéticos são vermes hermafroditas achatados dorsoventralmente e caracterizam-se pela presença de um órgão de fixação posterior, o haptor, equipado com ganchos, âncoras e ventosas (EIRAS et al., 2010). Dependendo do grupo, esses organismos se alimentam de sangue ou de células epiteliais, são ectoparasitas importantes e contribuem com epizootias, causando a mortalidade do hospedeiro por se fixarem num órgão sensível como as brânquias.

A ação patogênica dos monogenéticos está relacionada principalmente à sua forma de fixação no hospedeiro, onde ocasionam lesões que podem dilacerar os órgãos, induzir inflamações, causar proliferação epitelial, edemas e até necrose (JERÔNIMO et al., 2016).

Na análise das brânquias da pirambeba observa-se dilaceração do epitélio de fixação (Figura 5A), com desorganização estrutural das lamelas secundárias. As brânquias do tucunaré (Figura 5B) e da piranha (Figura 5D) apresentaram respostas proliferativas relacionadas ao parasitismo do *Monogenea*, com espessamento do tecido proliferativo lamelar. De acordo com Eiras (1994), a patogenia provocada pelos monogenéticos é variável com as espécies e com o local de fixação, onde pode ocorrer lesões de gravidade pouco acentuada, aumento na frequência respiratória até hipersecreção de muco nas brânquias, o que poderia levar os animais à morte por asfixia.

O diagnóstico histopatológico das brânquias de piranha (Figura 5D) revelou hiperplasia lamelar, com ocorrência de fusão completa das lamelas secundárias. A fusão das lamelas é decorrente da hiperplasia das células epiteliais das lamelas e filamentos branquiais. Apesar de ser considerado um mecanismo de defesa a agentes externos, essa alteração prejudica a passagem da água entre as lamelas, o que dificulta a função respiratória do órgão (CANTANHÊDE et al., 2014).

Kaur e Shrivastav (2014) encontraram patologias semelhantes às do presente trabalho nas carpas *Labeo rohita* e *Hypophthalmichthys moltrix* capturadas em lagoas, incluindo múltiplas infecções branquiais, danificação dos tecidos e deformações celulares. A doença parasitária Monogeníase foi relatado por Malta et al. (2001) em cultivo de tambaquis *Colossoma macropomum*, e por Cardoso (2014) no saramunete *Pseudupeneus maculatus* capturados no litoral do estado de Pernambuco.

São diversos os fatores atribuídos pelos pesquisadores à incidência de parasitismo por monogenéticos (temperatura, pH, concentração de matéria orgânica na água). Segundo Soleng, Jansen e Bakke (1999), a temperatura da água condicionada à pluviosidade influencia na abundância desses parasitos. Para Mo (1997), a temperatura da água é um fator abiótico que conduz a mudanças comportamentais nos parasitos e altera as respostas dos peixes à infecção. Esses resultados vão de encontro ao de Cardoso (2014), em que a sazonalidade não influenciou na infestação parasitária por *Monogenea* em *Pseudupeneus maculatus*.

Segundo Eiras (1994) e Batista e Boijink (2012) a maioria das espécies de monogenoides possui seu padrão anual de infecção bem definido, com aumento no número de parasitos durante os meses do verão. Entretanto, algumas espécies desse helminto ocorrem durante todo o ano, fato que pode estar associado ao seu ciclo direto, pois esses parasitos não necessitam de hospedeiro intermediário para causar infecção, permitindo assim infestações contínuas.

A presença de parasitas (monogenéticos e coccídeo) como os encontrados nas espécies do baixo São Francisco, se associada a altos índices de prevalência nas espécies, pode estar relacionado um ambiente poluído, uma vez que estes parasitos atuam como indicador de alteração ambiental e têm sua população aumentada devido ao estresse do hospedeiro e às condições do meio em que vivem.

## CONCLUSÃO

A presença de microparasitas do gênero *Calyptospora* na pirambeba (*Serrasalmus brandtii*), no tucunaré (*Cichla monoculus*), e no oscar (*Astronotus ocellatus*), e do ectoparasita Monogenea na pirambeba, no tucunaré e na piranha (*Pygocentrus piraya*) pode estar relacionada com algum tipo de desequilíbrio ambiental, como a poluição (esgoto agroquímicos) que atinge a bacia hidrográfica do Rio São Francisco, deixando tais espécies sob condições de estresse e mais suscetíveis a infecções, que podem comprometer a sobrevivência e manutenção destas no ambiente em estudo.

## AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento a Prof<sup>ª</sup>. Dra. Gabriela Tomas Jerônimo (UFAM) pela ajuda com a identificação do ectoparasita. Nossos sinceros agradecimentos aos profissionais da pesca pelo apoio e aos moradores do Baixo São Francisco pela acolhida. Nossos agradecimentos pelo apoio, à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), entre outras instituições que contribuíram para a realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. M.; BRASIL-SATO, C. M. First report of *Calyptospora* sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) in forage characid fish from the Três Marias Reservoir, São Francisco Basin, Brazil. **European Journal of Protistology**. 46, 150–152. 2009.
- ANDRADE, P. L. V.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, M.G.; **Scientia Forestalis**, nº65, p.197-206, 2004.
- AZEVEDO, C.; MATOS, E. Fine structure of *Henneguya pilosa* sp. n. (Myxozoa: Myxosporae), parasite of the Brazilian fish, *Serrasalmus altuvei* (Characidae). **Folia Parasitologica**; v.50, p.35-40, 2003.

AZEVEDO, C.; MATOS, P.; MATOS, E. Morphological data of *Calyptospora spinosa* n. sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) parasite of *Crenicichla lepidota* Heckel, 1840 (Teleostei) from Amazon River. **European journal of protistology**, v. 29, n. 2, p. 171-175, 1993.

AZEVEDO, C.; MATOS, P.; MATOS, E. Ultrastructural data on sporogony of the coccidian parasite *Calyptospora spinosa* from the liver of the Amazonian fish, *Crenicichla lepidota* Heckel. **Journal of Fish Diseases**, v. 18, p. 475-79, 1995.

BALDISSEROTTO, B. Crescimento. In: BALDISSEROTTO, B. Fisiologia de peixes aplicada a piscicultura. **3. ed. Santa Maria**: UFSM, p. 152-321. 2013.

BATISTA, E. T.; BOJINK, C. L. Incidência de monogenea em tambaqui (*Colossoma macropomum*) criado em viveiro escavado. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 9, Manaus. Anais... Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, p. 211-219. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 100). 2012.

BECHARA, G. H.; SZABÓ, M. P. J. **O processo inflamatório**. Componentes e eventos celulares. Adams, 2009.

BÉKÉSI, L.; MOLNÁR, K. *Calyptospora tucunarensis* n. sp. (Apicomplexa: Sporozoa) from the liver of tucunare *Cichla ocellaris* in Brazil. **Systematic Parasitology**. 18: 127-132, 1991.

BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W.; BURKHARDT-HOLM, P.; WAHLI, T. Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. **J. fish dis.**, 22: 25-34. 1999.

CANTANHÊDE, S. M. et al. Uso de biomarcador histopatológico em brânquias de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) na avaliação da qualidade da água do Parque Ecológico Laguna da Jansen, São Luís – MA. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 66 (2) • Abr 2014.

CARDOSO, L. Abundância sazonal de *Haliotrema* spp. (Monogenea: Dactylogyridae) parasito de *Pseudupeneus maculatus* do litoral do estado de Pernambuco, Brasil. **Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Aquicultura**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 23p. 2014.

CASAL, C.; PADOVAN, I.; MATOS, E.; PADOVAN, P.; MATOS, P.; GUIMARÃES, A.; AZEVEDO, C. Morphological and ultrastructural redescription of *Calyptospora serralalmi* cheung, nigrelli & ruggieri, 1986 (Apicomplexa: Calyptosporidae), a parasite found in two new host species of the genus *serralalmus*. **Braz. J. morphol. Sci.** v. 24, n. 1, p. 11-16. Porto, Portugal. 2007.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **A Bacia**. CBHSF. 2014. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Os principais problemas que afetam o Velho Chico. CBHSF. 2016. Disponível em: [https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/sustentabilidade\\_blog/os-principais-problemas-que-afetam-ovelho-chico](https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/sustentabilidade_blog/os-principais-problemas-que-afetam-ovelho-chico). Acesso em: 03 de junho de 2021.

EIRAS J. C.; TAKEMOTO R. M.; PAVANELLI G. C. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. **Eduem**. 171-171 Maringá; 2006.

EIRAS, J. C. Aspectos gerais da patologia das parasitoses de peixes marinhos. RANZANI-PAIVA, M. J. et al. **Sanidade de Organismos Aquáticos**. São Paulo: Varela, p. 143-156, 2004.

EIRAS, J. C. Elementos de Ictioparasitologia. **Fundação Engenheiro Antônio de Almeida**. Porto, 1994.

EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M.; PAVANELLI, G. C. Diversidade dos parasitas de peixes de água doce no Brasil. Maringá: **Clichetec**, 333p. 2010.

FOURNIE, J. W.; VOGELBEIN W. K.; OVERSTREET R. M.; HAWKINS W. E. Life cycle of *Calyptospora funduli* (Apicomplexa: Calyptosporidae). **J. Parasitol.** 86, 501-505. 2000.

HOSHINO, M. D. F. G. **Parasitofauna em peixes Characidae e Acestrorhynchidae da Bacia do Igarapé Fortaleza, Estado do Amapá. Amazônia Oriental. Dissertação de mestrado.** Universidade Federal do Amapá. Macapá, Amapá, Brasil. 2013.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno Da Região Hidrográfica Do São Francisco.** Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006.

IVERSEN, E. S.; CHITTY, N.; METER, N. V. Some *Myxosporida* from marine fishes in south Florida. **J Protozoo**; 18:82-86. 1971.

JERÔNIMO, G. T. et al. **Monogenea: parasitos versáteis e problemáticos Aquaculture Brasil**, p. 28-31, 2016.

KAUR P.; SHRIVASTAV, R. Histological effect of monogenean parasites on gills of freshwater carps. **European Journal of Biotechnology and Bioscience**, v. 2, n. 2): 50-53. 2014.

KUBITZA, F.; KUBITZA, L. M. M. Principais parasitoses e doenças dos peixes cultivados. 4. ed. **Jundiaí: F. Kubitza.** (Coleção piscicultura avançada). 2004.

MALTA, J. C. O.; GOMES, A. L.; ANDRADE, S. M. S.; VARELLA, A. M. B. Infestações maciças por acantocéfalos, *Neoechinorhynchus buttnerae* Golvan, 1956, (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) em tambaquis jovens, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 31, p. 133-143, 2001.

MO, T. A. Seasonal Occurrence of *Gyrodactylus derjavini* (Monogenea) on Brown Trout, *Salmo trutta*, and Atlantic Salmon *S. salar* in the Sandvikselva River, Norway. **J. Parasitol.** v. 83, n. 6, p. 1025-1029, 1997.

OKUMURA, M. P. M.; PÉREZ, A. C. A.; ESPÍNDOLA F. A. Principais zoonoses parasitárias transmitidas por pescado: revisão. **Rev. Educ. Cont. CRMV-SP** v. 2, p.66-80, 1999.

OLIVEIRA, J. E. F.; FIGUEREDO, R. T. A.; SINDEAUX-NETO, J. L.; VILHENA, M. P. S. P.; BERRÊDO, J. F, MATOS, E. et al. Hepatic coccidiosis in *Serrasalmus rhombeus* Linnaeus, 1766 from the Amazon basin: morphological and histopathological aspects. **Braz J. Vet Parasitol**; v. 30, n. 1: e026120, 2021.

SILVA, C. M.; CLEMENTE, S. C. S.; JUNIOR, P. A. J.; SILVA, O. V. M.; MATOS, R. E. *Calyptospora* sp. in *Brachyplatystoma vaillantii* trapped at the Vigia, State of Pará, Brazil. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 176-178, abr.-jun. 2012.

SOLENG, A.; JANSEN, P. A; BAKKE, T. A. Transmission of the monogeneans *Gyrodactylus salaries*. **Folia Parasitol.**, v. 46, p. 179-184, 1999

THATCHER VE. **Amazon Fish Parasites.** Pensoft, Sofia, 508 p. 2006.

VELASCO, M.; VIDEIRA, M.; MATOS, P.; SÃO CLEMENTE, S. C.; SANCHES, O.; MATOS, E. Morfologia e nova ocorrência de um coccídio hepatopancreático parasita de peixe amazônico. **Amazon J Agric Envir Sci.** v. 55, n. 3, p. 231-235, 2012.

VIDEIRA, M. et al. An anatomopathological study of hepatic coccidiosis (*Calyptospora* sp.) in the Acará-pixuna, *Aequidens plagiozonatus* Kullander, 1984 from the Brazilian state of Pará. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** [online]. 2013, v. 65, n. 1 [Accessed 17 June 2021] , pp. 91-94.

VON ZUBEN, C. J. Implicações da agregação espacial de parasitas para a dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. **Revista de Saúde Pública** [online]. v. 31, n. 5, p. 523-530, 1997.

WHIPPS, C. M.; FOURNIE, J. W.; MORRISON, D. A.; AZEVEDO, C.; MATOS, E.; THEBO, P.; KENT, M. L. Phylogeny of fish-infecting *Calyptospora* species (Apicomplexa: Eimeriorina). **Parasitology Research**, v. 111, p. 1331-1342, 2012.

Petrônio Alves Coelho Filho, Marcos Yves Praxedes, Alex Pereira Gonçalves, Felipe Pedrosa

*Laboratório de Carcinologia do Curso de Engenharia de Pesca. Universidade Federal de Pernambuco, Unidade Penedo.*

## RESUMO

Este relatório apresenta os resultados preliminares sobre o estudo da biodiversidade e pesca dos crustáceos no Baixo São Francisco durante a III Expedição Científica do Baixo São Francisco, buscando com isso ampliar o conhecimento desse importante recurso econômico, social, ambiental e cultural. As amostragens foram realizadas entre 29 de novembro e 15 de dezembro de 2020 em oito áreas de amostragem distribuídas no baixo Rio São Francisco entre Piranhas/AL e Piaçabuçu/AL. Foram identificadas 09 espécies nos 08 pontos de coletas, com uma abundância total de 953 indivíduos pertencentes a 9 espécies, dos quais 715 foram capturados por meio de coleta manual e por puçá, 228 através dos covos. Os camarões *M. jelskii* e *M. acanthurus* estavam presentes em quase todos os pontos de coleta, enquanto que *Panopeus* sp foi o táxon que menos ocorreu, sendo apenas registrado 01 indivíduos em Penedinho; A baixa ocorrência de tal táxon é explicada devido a associação com o local específicos, normalmente regiões estuarinas. *M. jelskii* foi a espécie que se destacou com maior abundância e frequência sendo observado 656 indivíduos capturados em 06 dos 08 pontos de coleta. A CPUE para o camarão *M. acanthurus* foi de  $1,65 \pm 1,11$  camarões/covo e  $10,38 \pm 6,34$  gramas/covo, e para o camarão-pitu *M. carcinus* foi  $0,44 \pm 0,29$  camarões/covo e  $8,78 \pm 3,44$  gramas/covo., valores considerados muito baixos.

**Palavras-chave:** camarão, biodiversidade, CPUE.

## INTRODUÇÃO

O Baixo São Francisco é uma das regiões mais conflitantes do Nordeste, devido localizar-se em ambiente árido, onde a água é a principal força motriz das comunidades rurais, assim fatores ligados a pesca e aquicultura, geração de energia elétrica, poluição

oriunda dos esgotos das cidades, assoreamento, uso de agrotóxicos em culturas as margens do rio, desmatamento da vegetação marginal, avanço da cunha salina, alterações de vazão, endemismo de espécies, entre outras atividades, refletem diretamente na vida social, econômica e ambiental desta mesorregião.

Esse cenário tem mostrado sinais de piora nos últimos anos, e pode ser acelerado à exploração excessiva de recursos naturais, como a remoção de mata ciliar em rios tributários e o baixo nível de tratamento de esgoto urbano nos municípios da região, com impactos agravados pela ocorrência de longos períodos de seca, levando a decisões gerenciais que não promoveram adequadamente os usos múltiplos da água do rio. Além disto, a supressão da vegetação nas margens do rio contribui para o aumento do assoreamento e processos erosivos do solo, promovendo a formação de bancos de areia na calha do rio ou contribuindo para a redução das áreas de captura e destruição de habitats como as lagoas marginais, consideradas berçários de muitas espécies aquáticas, que conjuntamente com métodos de capturas não permitidos, vem ocasionando o declínio da biodiversidade de organismos aquáticos.

Dentre as espécies animais representados no Baixo São Francisco, destacamos os crustáceos pela importância nos processos ecológicos dos ambientes aquáticos, pois atuam em diferentes níveis da cadeia trófica desses ambientes, quer como herbívoros, predadores, necrófagos ou presas de outros grupos (BENETTON *et al.*, 1990; MAGALHÃES *et al.*, 1999). Algumas espécies têm como função o controle da vegetação aquática, muitos são bons indicadores ambientais para metais, chuva ácida, aquecimento global, etc. Os crustáceos são especialmente sensíveis à contaminação ambiental e sendo considerados típicos organismos bioindicadores. Além do citado, os camarões palemonídeos de água doce (especialmente o gênero *Macrobrachium*) são uma das principais fontes de renda das famílias ribeirinhas, e são responsáveis por produzirem anualmente milhares de toneladas de proteína que sustentam populações rurais locais (OVERAL 2001).

Este relatório apresenta os resultados preliminares sobre o estudo da biodiversidade e pesca dos crustáceos no Baixo São Francisco durante a III Expedição Científica do Baixo São Francisco, buscando com isso ampliar o conhecimento desse importante recurso econômico, social, ambiental e cultural.



Figura 2 – Meio flutuante utilizado com covos no convés



Apesar dos crustáceos poderem estar presentes em quase todo o leito do rio, os pontos escolhidos de coleta foram nas áreas que geralmente eram utilizadas pelos pescadores locais, ou seja, locais com maiores chances de captura. Para melhor caracterizar a carcinofauna realizadas coletas manuais além dos seguintes apetrechos: Armadilhas de fundo (“covo”) com isca (Figuras 3 e 4); puçá (Figura 5). Os espécimes capturados foram em campo acondicionados em potes ou sacos plásticos, rotulados e fixados com solução formalina a 4% para posteriores estudos em laboratório. Em seguida, foram acondicionados em potes ou vidros, rotulados e preservados com álcool a 70%. Para determinação da composição específica da carcinofauna, foram utilizados todos os indivíduos capturados em todos os apetrechos de pesca.

#### **- *Análise faunística***

As espécies foram identificadas até o nível específico com o auxílio da bibliografia pertinente (Holthuis, 1952; Melo, 2003) a luz de microscópio binocular e estéreo-microscópio, adotando-se a classificação proposta por de Grave e Fransen (2011). Em seguida, foram acondicionados em potes ou vidros, rotulados e preservados com

álcool a 70%. Para determinação da composição específica da carcinofauna, foram utilizados todos os indivíduos capturados em todos os apetrechos de pesca.

Figura 3 – Armadilha de fundo para captura de camarões (covo). Observa-se em detalhe exemplares de *Macrobrachium carcinus* capturados e o recipiente plástico perfurado para acondicionamento da isca.



Figura 4 - Recolhimento da linha de armadilhas (grosseiras de covos)



Figura 5 – Coleta de crustáceos feito com puçá em áreas marginais do Baixo São Francisco.



## **RESULTADOS PRELIMINARES E COMENTÁRIOS**

### ***- Parâmetros Ambientais***

Os valores analisados da temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, pH, sólidos dissolvidos e salinidade da água, nos locais de captura estão descritos na Tabela 01. Dos parâmetros aferidos, merecem destaque a temperatura, condutividade, sólidos dissolvidos e salinidade da água, por apresentarem variações temporais e/ou espaciais, possivelmente decorrente das constantes variações de vazão sofrido no período de coleta. Tendo início dia 08 de dezembro de 2020 um aumento de vazão média diária de Hidrelétrica de Xingo, no município de Canindé de São Francisco, a qual era de 200 m<sup>3</sup>/s, passando de 2.600 m<sup>3</sup>/s por 2.800 m<sup>3</sup>/s, de acordo com a Carta Circular SOO-053/2020, atendendo a diretriz do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

A temperatura da água apresentou um valor médio de 27,65±0,44 °C entre os pontos, variando de 27,02 °C em Piranhas a 28,8 °C Penedinho. A temperatura é considerada por muitos como a característica mais importante do meio aquático, a variação térmica, influencia grande parte dos outros parâmetros físico-químicos da água tais como: a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos (TUCCI, 2004).

Quanto a condutividade elétrica observada no período de coleta apresentou uma média de 125,43±0,16 mS.cm<sup>-1</sup>, sendo possível notar uma tendência de que quanto mais próximo da foz do rio São Francisco maiores os valores de condutividade elétrica; o maior valor observado foi em Potengi com 334,15 mS.cm<sup>-1</sup> o ponto mais próximo a foz e o menor na região de Porto Real 78,3 mS.cm<sup>-1</sup>.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos (TDS) apresentaram o mesmo padrão espacial da condutividade, com valores mais elevados quando se aproxima da região da foz do Rio São Francisco, sendo aferido o menor valor em na região de Traipu com 66,55 e o maior na região de Potengi com 188,9 mg/L.

### ***- Análise da biodiversidade***

Foram identificadas 09 nos 08 pontos de coletas, com uma abundância total de 953 indivíduos, dos quais 715 foram capturados por meio de coleta manual e por puçá, 228 através dos covos. Dentre as 09 espécies de crustáceos foi possível observar que 04 espécies pertencentes a Infraordem Caridea e 05 espécies pertencentes a infraordem Brachyura (ver sinopse taxonômica abaixo).

Entre as espécies que mais ocorreram, *M. jelskii* e *M. acanthurus* estavam presentes em quase todos os pontos de coleta, enquanto que *Panopeus* sp foi o táxon que menos ocorreu, sendo apenas registrado 01 indivíduos em Penedinho; A baixa ocorrência de tal táxon é explicada devido a associação com o local específicos, normalmente regiões estuarinas. *M. jelskii* foi a espécie que se destacou com maior abundância e frequência sendo observado 656 indivíduos capturados em 06 dos 08 pontos de coleta.

## **SINOPSE TAXONÔMICA**

### Infraordem Brachyura

Superfamília Portunoidea Rafinesque, 1815

Família Portunidae Rafinesque, 1815

*Callinectes bocourti* A. Milne Edwards, 1879 - Nome vulgar= siri

Família Sesarmidae Dana, 1851

*Armases rubripes* Rathbun, 1897- Nome vulgar= Marinheiro

Família Ocypodidae Rafinesque, 1815

*Uca* sp. Nome vulgar= Chama-maré

### Família Panopeidae Ortmann, 1893

*Panopeus* sp. H. Milne-Edwards, 1834

### Infraordem Caridea Dana, 1852

Superfamília Palaemonoidea Rafinesque, 1815

Família Palaemonidae Rafinesque, 1815

Subfamília Palaemoninae Rafinesque, 1815

*Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) - camarão-comum

*Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) - Nome vulgar= camarão-pitu

*Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) - Nome vulgar= saburica

*Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836) - Nome vulgar= aratanha

Gênero: *Potimirim* Holthuis, 1954

*Potimirim potimirim* (Müller, 1881) - Nome vulgar= saburica

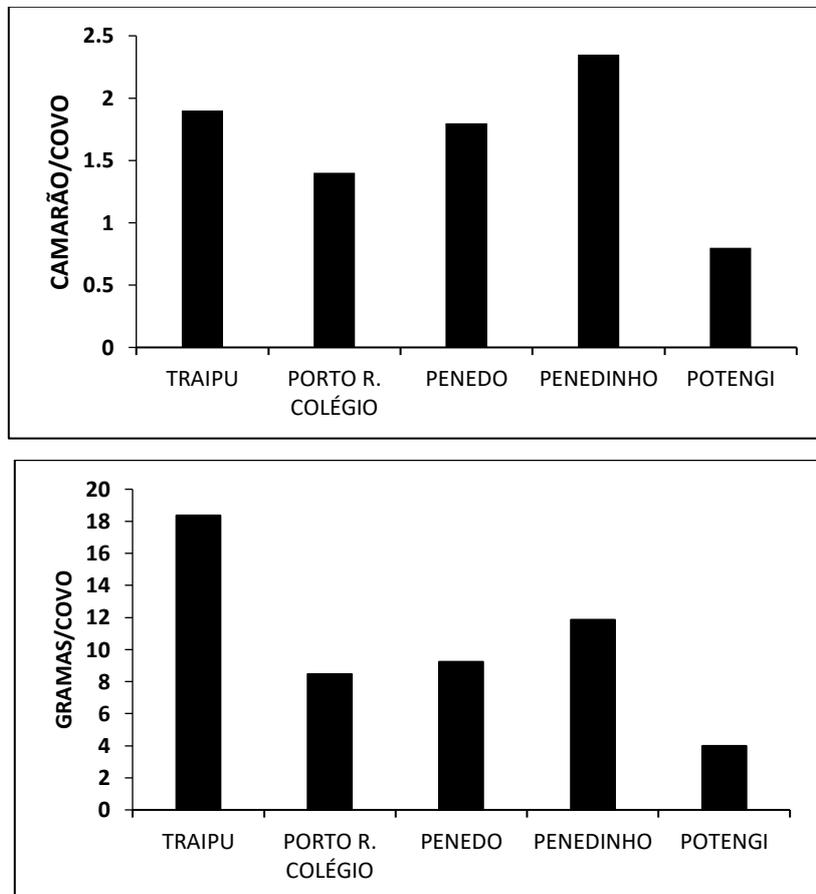
## CAPTURA POR UNIDADE DE ESFORÇO (CPUE)

### - *Macrobrachium acanthurus* (camarão comum)

Foram utilizados 160 covos, resultando em uma captura de 1.660 indivíduos e uma biomassa total de 1.038,29 g. Com isso, para toda a região estudada, a CPUE foi  $1,03 \pm 0,88$  camarões/covo e  $6,48 \pm 4,36$  gramas/covo. Quando levado em consideração apenas os locais onde os camarões ocorreram a captura (de Belo Monte a Potengi), a CPUE subiu para  $1,65 \pm 1,11$  camarões/covo e  $10,38 \pm 6,34$  gramas/covo.

A área de pesca que apresentou a maior CPUE foi Penedinho com 2,35 camarões/covo e 11,86 gramas/covo, e Traipu com 1,9 camarões/covo e 18,34 gramas/covo. Já Potengi correspondeu a menor CPUE com apenas 0,8 camarões/covo e 3,98 gramas/covo (Figura 6).

Figura 6 – CPUE (camarão/covo) e CPUE (grama/covo) dos camarões *Macrobrachium acanthurus* coletados no Baixo São Francisco.



### - *Macrobrachium carcinus* (camarão-pitu)

Foram coletados 62 indivíduos de *M. carcinus* em 160 covos, totalizando uma biomassa de 1.230 g. A CPUE foi de  $0,395 \pm 0,21$  camarão / covos e  $7,69 \pm 3,98$  gramas / covos. Quando analisado somente nos locais onde os camarões ocorreram (excluindo Potengi), a CPUE subiu para  $0,44 \pm 0,29$  camarões/covo e  $8,78 \pm 3,44$  gramas/covo.

Apesar da maior CPUE por indivíduo ter sido registrada em Penedo, com 1,1 camarão/covo, foi em Porto Real de Colégio onde se obteve a maior CPUE por peso, com 20,68 gramas/covo (Figura 7). Este resultado está associado ao tamanho corporal dos camarões pitus coletados, onde em Penedo os camarões coletados registraram a menor média de peso ( $9,19 \pm 4,97$  g), frente a Porto Real do Colégio que apresentou a maior média ( $28,31 \pm 9,48$  g).

Figura 7 – CPUE (camarão/covo) e CPUE (grama/covo) dos camarões *Macrobrachium carcinus* coletados no Baixo São Francisco.

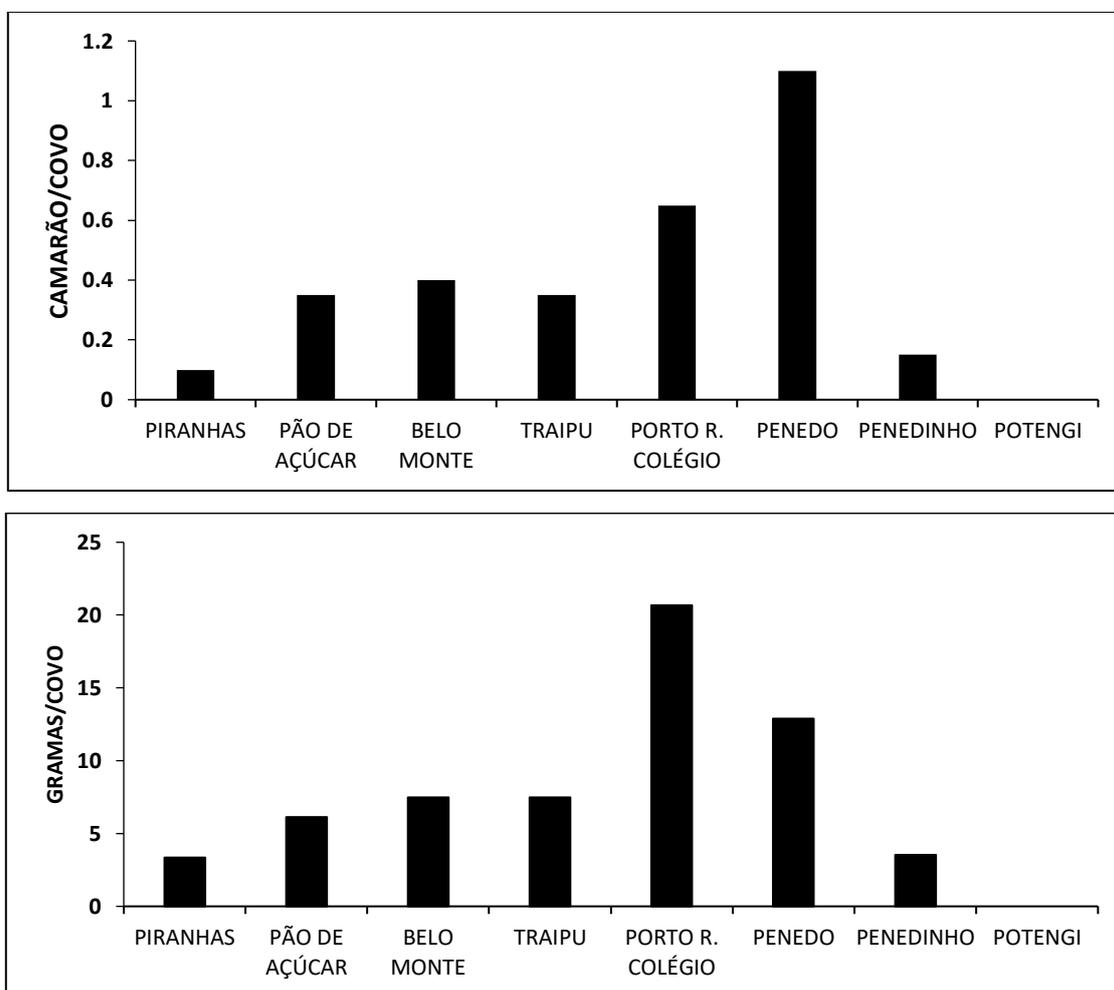


Tabela 1 – Média e desvio padrão da temperatura, oxigênio dissolvido, pH, TDS, salinidade e condutividade da água nas 8 áreas de estudo.

Ponto	Profundidade (m)	Temperatura °C	Oxigênio dissolvido (%)	Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	Condutividade (mS.cm <sup>-1</sup> )	pH	Salinidade	TDS (mg.L <sup>-1</sup> )
Piranhas	9,6±1,27	27,41±0,055	82,65±1,48	6,75±0,28	98,2±0,42	7,48±0,12	0,04	78,57±0,33
Pão de açúcar	7,7±2,69	27,5±0,28	84,95±3,61	7±0,78	93,6±5,66	7,3±0,06	0,04	81,35±1,63
Belo monte	6,1±2,83	27,4±0,28	88,7±2,42	7,15±0,29	290,23±2,19	7,54±0,27	0,10	182,55±7,11
Traipu	6,1±3,61	27,40	88,7±0,14	7,16±0,53	290,23±6,01	7,54±0,04	0,10	182,55±0,46
Porto r. Colégio	7,1±2,55	27,75±0,21	80±0,42	6,68±0,66	79,35±1,48	7,53±0,13	0,04	68,7±0,14
Penedo	6,75±2,45	27,75±0,25	87,45±10,75	6,97±1,04	130,15±51,85	7,33±0,28	0,06±0,02	101,88±23,18
Penedinho	5,2±2,97	28,5±0,42	89,05±19,16	7,90±0,15	119,6±35,50	7,38±0,06	0,06±0,01	78,58±15,17
Potengi	6,1±3,39	27,4±0,14	88,7±1,27	7,16±0,21	290,23±62,12	7,54±0,06	0,1±0,01	182,55±8,98

Tabela 2 - Composição taxonômica e abundância dos crustáceos

ESPÉCIES	Piranhas	Pão de Açúcar	Belo Monte	Traipu	Porto Real do Colégio	Penedo	Penedinho	Potengi
<i>Macrobrachium acanthurus</i>				39	45	56	47	16
<i>Macrobrachium carcinus</i>	02	07	08	07	13	22	03	
<i>Macrobrachium jelskii</i>		135	129	30	108	95	110	
<i>Macrobrachium olfersii</i>			06	31	01	07	04	
<i>Potimirim potimirim</i>		01		05		09		
<i>Panopeus sp.</i>							01	
<i>Callinectes bocourti</i>							02	03
<i>Armases rubripes</i>							01	03
<i>Uca sp.</i>						08	03	

## CONCLUSÃO

Foram identificadas 09 espécies nos 08 pontos de coletas, com uma abundância total de 953 indivíduos pertencentes a 9 espécies, dos quais 715 foram capturados por meio de coleta manual e por puçá, 228 através dos covos. Os camarões *M. jelskii* e *M. acanthurus* estavam presentes em quase todos os pontos de coleta, enquanto que *Panopeus sp* foi o táxon que menos ocorreu, sendo apenas registrado 01 indivíduos em Penedinho; A baixa ocorrência de tal táxon é explicada devido a associação com o local específicos, normalmente regiões estuarinas. *M. jelskii* foi a espécie que se destacou com maior abundância e frequência sendo observado 656 indivíduos capturados em 06 dos 08 pontos de coleta. A CPUE para o camarão *M. acanthurus* foi de  $1,65 \pm 1,11$  camarões/covo e  $10,38 \pm 6,34$  gramas/covo, e para o camarão-pitu *M. carcinus* foi  $0,44 \pm 0,29$  camarões/covo e  $8,78 \pm 3,44$  gramas/covo, valores considerados muito baixos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENETTON, M.L.F.M., ROSAS, F.C.W. & COLARES, E.P. 1990. Aspectos do hábito alimentar da ariranha (*Pteronurabraziliensis*) na Amazônia brasileira. In: Programa y Resúmenes, 4ª Reunión de Trabajo de Especialistas em Mamíferos Acuáticos de América del Sur, Valdivia, Chile, 12-15 Nov. 1990.

DE GRAVE, S. & FRANSEN, C.H.J.M. Carideroum catalogus (Crustacea: Decapoda). Zool. Med. Leiden, v. 85, p. 193-583, 2011,

HOLTHUIS, L.B. *A general revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. II The subfamily Palaemoninae.* Allan Hancock Foundation Publications, Occasional Paper n.12, 396 p., 1952.

MELO, G. A. S. *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil.* São Paulo: Loyola. 2003. 429p.

OVERAL, W. L. O peso dos invertebrados na balança de conservação biológica da Amazônia. In: VERÍSSIMO, A. *et al.* (Eds.). Biodiversidade na Amazônia Brasileira. São Paulo: Estação Liberdade e Instituto Socioambiental, p. 50–59. 2001.

TUCCI, C.E.M. (Organizador). 2004. Hidrologia: Ciência e Aplicação, 3ª edição, Porto Alegre,