

# Relatório da Expedição do baixo São Francisco





A capa do relatório foi ideia de Emerson Soares em conjunto com Vanildo Oliveira, Themis Silva e Ricardo Araújo (pesquisadores da expedição). As ideias foram partilhadas com Emily e Eduardo, estes dois artistas fizeram toda arte, trabalho e ajustes, culminando nesta linda figura, estilo “xilogravura Nordestina”, modelo que representa bem a região, com a figura do pescador, agricultor, a caatinga e o barco da expedição, navegando nas lindas águas do “Velho Chico”.

ISBN: 978-65-991634-0-1

## SINOPSES DOS AUTORES

Informações sobre os integrantes da equipe da II Expedição Científica e sobre suas respectivas formações e áreas de conhecimentos. As atividades desenvolvidas durante a Expedição deram origem aos dados e relatos que constam deste relatório e que em alguns casos, corresponderam às ações transversais dentro da formação de cada um.



Alfredo Borie Mojica  
Universidade Federal de  
Alagoas, UE Penedo

Área de Conhecimento: Ecologia Acústica

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.



Allwert H.L. Argôlo Militão  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Sistemas Elétricos e Engenharia Solar

Graduando de Engenharia de Energia. Pesquisador do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, sob orientação do Professor Igor Cavalcante Torres. Bolsista do Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL (2016).



Álvaro de Assis Alves de  
Albuquerque CODEVASF  
– 5ª SR

Área de Conhecimento: Aquicultura e recursos pesqueiros

Engenheiro de Pesca pela UFRPE, especialização em Gestão Agroindustrial pela UFLA, especialização MBA em Economia e Desenvolvimento Regional pela USP - Ribeirão Preto. Na CODEVASF tem experiência com propagação artificial de peixes nativos para piscicultura e recomposição da ictiofauna no baixo São Francisco, e implantação de módulos de tanques-redes no rio São Francisco para capacitação de pescadores artesanais.



Ana Karolina L da Silva  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: FICOLOGIA- Fitoplâncton

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 Lúcia Eufrazio Romão  
Universidade Estadual do  
Ceará

Área de Conhecimento: Análises físico-químicas, determinação de macro e micro elementos nas águas do rio.

Química pela Universidade Estadual do Ceará, especialista em Engenharia de Petróleo e Gás. Mestre em Ciências Naturais. Doutoranda em Ciências Naturais. Trabalhos realizados com produtos naturais na adsorção de metais pesados e avaliação de qualidade da água.



Antônio Jackson B. Lima  
Diretor do Museu Casa do  
Velho Chico

Área de Conhecimento: Educação Ambiental

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 Diretor  
DETEP/MCTIC

Área de atuação: Robótica Ambiental

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  
EMBRAPA Tabuleiros  
Costeiros

Área de Conhecimento: Contaminação/Impacto Ambiental e Aquicultura

Oceanógrafo, Mestre em Aquicultura, Doutor em Geoquímica Ambiental e pós-doutorados 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.



Carlos Alexandre B. Garcia  
Universidade Federal de  
Sergipe

Área de Conhecimento: Química Analítica - Determinação de elementos-traço em sedimentos e peixes.

Químico Industrial pela Universidade Federal de Sergipe e Doutor em Química pela Universidade Estadual de Campinas. Professor Titular e Coordenador Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe. Atua na área de Química, com ênfase em desenvolvimento de métodos e técnicas espectroanalíticas para determinação de constituintes inorgânicos em matrizes ambientais.



Damião Assis  
Universidade Federal de  
Sergipe

Área de Conhecimento: Qualidade de água e Sedimentos

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. Participou de projetos de Pesquisa, com especial destaque aos projetos “Caracterização Ambiental Integrada da Plataforma Continental do Estado de Sergipe e Sul de Alagoas (2010 – 2012)” e 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.



Elica Amara Cecilia Guedes  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: FICOLOGIA- Fitoplâncton

Doutora em Biotecnologia - RENORBIO, pela Universidade Estadual do Ceará, com área de concentração em Biotecnologia de Recursos Naturais. É professora Associada IV da UFAL. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Criptógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoplâncton, algas marinhas bentônicas e bioprospecção de extratos de algas.



Elton Lima Santos  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Aquicultura

Zootecnista pela Universidade Federal de Alagoas (2005), Mestre (2007) e Doutor (2010) em Zootecnia (Nutrição Animal) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Atualmente é Professor dos cursos de graduação em Zootecnia e Agroecologia, e nos cursos de Mestrado Profissional em Energia da Biomassa e Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência na área de Zootecnia, produção e nutrição de animais não-ruminantes e Piscicultura. Atuando nos seguintes temas: ingredientes alternativos, aditivos, digestibilidade, manejo alimentar, piscicultura, desenvolvimento sustentável de assentamentos rurais e biodigestores rurais.



Emerson Carlos Soares  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Ecotoxicologia aquática, Ictiologia, Pesca, Enzimas, Qualidade de água

Engenheiro de Pesca, 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.

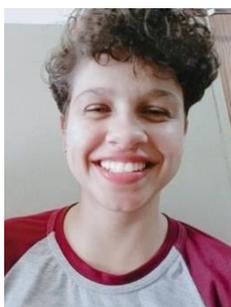
---



Emerson F. Oliveira Filho  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Agroecologia e políticas públicas e territórios

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.



Elâne Pereira dos Santos  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Aquicultura

Graduanda de Zootecnia. Atualmente faz parte da equipe de estudantes do Laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA) como bolsista PIBIC, tendo como orientador o Professor Elton Lima Santos. Tem experiência em nutrição de peixes (com ênfase na formulação de ração para peixes) e teste de micronúcleo.



Emily Valentim de Souza  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Ecotoxicologia e microparasitas de peixes.

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.



Evaristo Perez Rial Instituto  
Espanol de Oceanografía -  
Vigo

Área de Conhecimento: Biología reproductiva y cultivo de peces marinos

Doctorando en Acuicultura Marina en el Instituto Español de Oceanografía; Licenciado en Ciencias Del Mar por La Universidad de Vigo, Máster en Estadística Aplicada por la Universidad de Granada y Técnico Superior en Producción Acuícola. Más de 12 años de experiencia en acuicultura tanto en empresas privadas como en centros de investigación. Actualmente formo parte del equipo de investigadores del Instituto Español de Oceanografía en Vigo donde participo em proyectos multidisciplinares sobre reproducción, cultivo y efectos ambientales sobre la biología de peces marinos.



Gilberto Schwertner Filho  
Instituto Federal do Ceará

Área de Conhecimento: Engenharia ambiental, epistemologia ambiental, modelagem ambiental, sensoriamento ambiental, monitoramento ambiental, controle ambiental e robótica ambiental.

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Mestre em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (BADPI - INPA), Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal do Amazonas (PPGBIOTEC - UFAM).



Guilherme Henrique Netter  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Agroecologia e Monitoramento ambiental

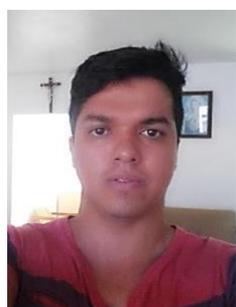
Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Alagoas, é atualmente bolsista PIBIC do projeto “A certificação orgânica por controle social na venda direta: impactos na agricultura familiar de Alagoas”, e, “Segurança Alimentar e Nutricional em Famílias de Assentamentos Rurais do Estado de Alagoas”. Possui experiência na agricultura camponesa agroecológica, e agricultura orgânica.



Hortência E.P. de Santana  
Universidade Federal de  
Sergipe

Área de Conhecimento: Análises de Metais Pesados em Peixes.

Formação: Graduanda em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe e atualmente bolsista do projeto de Ações estruturantes e inovação para o fortalecimento das cadeias produtivas da Aquicultura no Brasil pela Embrapa Tabuleiros Costeiros (SE).



Igor Cavalcante Torres  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Sistemas Elétricos e Engenharia Solar

Engenheiro Elétrico (2012), Mestre em Energias, na área de conversão fotovoltaica (2016) e Doutor em Energias, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Atuou profissionalmente na concessionária de energia elétrica, Eletrobrás Distribuição Alagoas (ED-AL) e na companhia de saneamento do Estado de Alagoas (CASAL). Atualmente é professor assistente na Universidade Federal de Alagoas, ministrando disciplinas para o curso de Engenharia de Energias Renováveis, desenvolve pesquisas tanto na área de simulação de sistemas elétricos de potência, como em modelagem e medição do recurso solar.



Iru Menezes Guimaraes  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Aquicultura, recursos pesqueiros e limnologia

Engenheiro de Pesca pela UFRPE (2006), Mestre (2008) e Doutor (2017) em Recursos Pesqueiros e Aquicultura pela UFRPE. Atualmente é professor da Universidade Federal de Alagoas. Tem experiência na área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, com ênfase em Aquicultura, atuando principalmente nos seguintes temas: reprodução de peixes, piscicultura, carcinicultura e ostreicultura.



João Thiago Gomes de Farias  
CODEVASF – 5ª SR

Área de conhecimento: Geoprocessamento e sensoriamento remoto

Tecnólogo em Construção Civil, especialização em Logística Estratégica pela FADEPE – Faculdade para o Desenvolvimento de Pernambuco - Recife /PE, Técnico de Estradas formado pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas - Maceió/AL. Na CODEVASF trabalha com levantamentos topográficos e aerofotogrametria no mapeamento com drones. Tem experiência em topografia em geral.



José Vieira Silva  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Agronomia e Recuperação de Áreas Degradadas.

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, da Universidade Federal de Alagoas.



Jucilene Cavali  
Universidade Federal de  
Rondônia - UNIR

Área de Conhecimento: Percepções socioambientais dos pescadores

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 X. da Silva  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Tecnologia do Pescado.

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.



Karina Leitão de Oliveira  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de atuação: Ecotoxicologia e microparasitas de peixes.

Graduanda em Zootecnia. Bolsista PIBIC pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Atualmente faz parte da equipe de estudantes do laboratório de Aquicultura e Análise de Água (LAQUA), tendo como orientadora a Professora Themis de Jesus da Silva. Tem experiência em microparasitologia da fauna aquática do Brasil e ecotoxicologia.



Leonardo Viana Pereira  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Robótica Ambiental e Monitoramento Ambiental Autônomo

Bacharel (1996), Mestre (1999) e Doutor (2003) em Física pela Universidade Federal de Pernambuco, com doutorado-sanduíche no Center for Nonlinear Studies do Los Alamos National Lab, EUA. Professor no Instituto de Computação da UFAL. Atua na área de Física da Matéria Condensada e Computação Científica, Física Computacional e Supercondutividade. Trabalha com métodos de simulação computacional e computação de alto desempenho. Participou da Rede Galileu (Petrobras) que instalou o GradeBR/UFAL. Participa da coordenação das Expedições Científicas ao Baixo São Francisco. Coordenou a Olimpíada Brasileira de Robótica - OBR em Alagoas de 2015 a 2017.



Lucas de Oliveira Arruda  
Universidade Federa de  
Alagoas

Área de conhecimento: Microparasitas e ecotoxicologia.

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.



Márcio José R. Campêlo SOS  
Caatinga

Área de Conhecimento: Fotografia e Proteção Ambiental

Fotógrafo profissional da natureza. Iniciou o trabalho com fotos da natureza em 2011, em viagem a Mato Grosso do Sul. Desde 2015 está à frente da equipe de fotografia do Instituto SOS Caatinga, com sede em São José da Tapera. Realizou vários trabalhos com a equipe da Manefau. Em 2019 participou da expedição Caminhos do São Francisco. Entre outros trabalhos, também teve uma importante exposição de seus registros fotográficos que ocorreu no ano de 2017, no SENAC, de São Bernardo do Campo, em São Paulo, tornando-se esta uma exposição itinerante.



Marcos Vinícius T. Gomes  
CODEVASF, 5ª Região

Área de Conhecimento: Limnologia e Análise de metais-traço

Técnico em Química pela Escola Técnica Federal de Sergipe (1988). Químico Industrial (2000) e Engenheiro Químico (1999) pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Mestre em Química (2009) e Doutor em Biotecnologia (2013) (RENORBIO - UFS). É funcionário concursado da CODEVASF, onde desenvolve projetos de pesquisa na área de Limnologia. Tem experiência na área de química, com ênfase em laboratório de limnologia, espectrofotometria de absorção atômica, cromatografia líquida e gasosa, controle de qualidade em indústria cerâmica, e monitoramento ambiental.



Marcus Aurélio Soares Cruz  
EMBRAPA Tabuleiros  
Costeiros

Área de Conhecimento: Hidrologia, geoprocessamento e qualidade da água.

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  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Carcinologia e Qualidade da Água

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.



Mariana Melo Fireman  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Ficologia - Fitoplâncton

Licenciada em Ciências Biológicas. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Taxonomia de Criptógamos, atuando principalmente nos seguintes temas: fitoplâncton e algas marinhas bentônicas.



Maristela de F. S. de Santana  
MCTIC- CTI NE

Área de Conhecimento: Tecnologia da Informação aplicada ao monitoramento ambiental

Engenheira Agrônoma, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutora em Engenharia de Alimentos. Tecnologista Plena do Centro de Tecnologia Renato Archer, Núcleo Nordeste (CTI-NE/MCTIC), Tem experiência em Utilização de Subprodutos Agrícolas, Agroindústria de Semiárido, Tecnologia da Informação Aplicada ao Monitoramento Ambiental e às Ciências Agrárias.



Petrônio Alves Coelho Filho  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Carcinologia – Qualidade da Água

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  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Análises de alterações em células animais através de técnicas histopatológicas e histoquímicas.

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.

---



Rafael Navas Universidade  
Federal de Alagoas

Área de Conhecimento: Agricultura Familiar

Engenheiro Agrônomo pela UNESP, Mestre e Doutor em Ecologia Aplicada pela USP. Professor da Universidade Federal de Alagoas, atuando na temática socioambiental, com ênfase em agroecologia, políticas públicas e território, desenvolvendo projetos com agricultores familiares e povos tradicionais.



Ricardo A. Ferreira Junior  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Agrometeorologia

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.



Ricardo F. Cavalcante Jr  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Aquicultura e Análise Limnológica

Graduando em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas, bolsista PIBIC e membro do Laboratório de Aquicultura e Análise de água do Centro de Ciências Agrárias (LAQUA-UFAL).



Silvânio S. Lopes da Costa  
Universidade Federal de  
Sergipe

Área de Conhecimento: Análise de metais-traço em amostras ambientais e alimentos

Doutor em Química (UFBA), com atuação na área de química analítica, atuando nos seguintes temas: otimização e desenvolvimento de métodos, técnicas espectroanalíticas e análise multivariada de dados. 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.



Tereza Iracema Reis Simões  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Tecnologia e Inspeção do Pescado

Graduanda do curso de Engenharia de Pesca modalidade bacharelado. Atualmente estagiária no laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Federal de Alagoas, Unidade Penedo. Com experiência na área de tecnologia e inspeção do pescado, com ênfase aos aspectos higiênicos e sanitários da comercialização de pescado em feiras livres.



Themis Jesus Silva  
Universidade Federal de  
Alagoas

Área de Conhecimento: Genética, genotoxicidade e microparasitas de peixes.

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.



Valéria Nogueira Machado  
Universidade Federal do  
Amazonas

Área de Conhecimento: DNA Barcode e Genética de populações

Engenheira de Pesca (Bacharelado) pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2007), Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos pela UFAM (2009), Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia pela UFAM (2016) e Pós-Doutorado em Genética de Populações de peixes de áreas impactadas (rio Doce). Atua principalmente nas áreas de Genética de Populações, Genética da Conservação, DNA Barcode, Filogeografia de Characiformes.



Vanildo Souza de Oliveira  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco

Área de Conhecimento: Tecnologia de Pesca

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  
Laboratório de Aquicultura  
CECA - UFAL

Área de Conhecimento: Microparasitas, enzimas e ecotoxicologia

Engenheira de Pesca (2016) e Mestre em Zootecnia (2020) pela Universidade Federal de Alagoas. Desenvolveu pesquisa no Laboratório de Aquicultura (LAQUA). Tem experiência na área de Recursos Pesqueiros com ênfase em tecnologia e industrialização do pescado, aproveitamento integral do pescado, microparasitologia, enzimologia, análises limnológicas e histologia.

---

### **Editores**

Emerson Carlos Soares – Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas - UFAL

José Vieira Silva - Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Rafael Navas – Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Themis de Jesus da Silva - Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Silvânio Silvério Lopes da Costa – Professor e Pesquisador da Universidade Federal de Sergipe - UFS

## Instituições e Laboratórios executores, parceiros e colaboradores:



Caros Leitores,

Eis aqui, a realização de um sonho. Um sonho coletivo, que reuniu várias cabeças pensantes, das nossas Universidades, de várias cátedras, comandadas pelo nosso querido Professor Emerson Soares, da Universidade Federal de Alagoas.

O nosso sofrido rio da Integração Nacional, no seu baixo curso, foi o local escolhido, para a montagem desse laboratório móvel, entre Alagoas e Sergipe.

Foram dez dias navegando nas águas santas, do nosso rio, no período de 19/11 a 28/11/19, a bordo da lancha Magnífica, nossa casa comum, abrigo dos 60 componentes dessa expedição. Foram estabelecidas 28 áreas de pesquisas, num trabalho sério e inédito, cujo expediente começava às 05:00 da manhã, e terminava às 22:00 horas, com uma palestra diária.

Foi uma troca de conhecimentos. Os nossos doutores ouviram a voz empírica dos ribeirinhos, e os nossos ribeirinhos ouviram a voz da sabedoria acadêmica.

O “Velho Chico”, agradece à UFAL, UFS, EMBRAPA, IFCE, MCTI, CTI-Renato Archer, ao CBHSF, à CODEVASF, à EMATER, e a todas as Prefeituras que nos receberam, pelo belo presente.

Este foi um exemplo concreto, de revitalização e amor pela vida do nosso rio, pois choro tardio, como afirmamos, numa campanha solitária de 1985, já não adiantará mais nada:

“A pureza de um pingo d’água do “Velho Chico”, hoje,  
Nunca poderá ser igual a de uma lágrima tardia,  
Mesmo sincera”

**Antonio Jackson Borges Lima**



“Esta árvore foi fotografada por Leonardo Viana (pesquisador), na expedição de 2018, é um símbolo de resistência do Baixo curso do rio São Francisco”.

Na expedição de 2019, já não se encontrava mais no local. Defenda o Velho Chico! A sobrevivência de muitos depende do rio vivo e saudável.

## II EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

### EM CORDEL

Como Instituição Parceira  
A EMATER esteve presente  
Na primeira e segunda expedição  
Que mobilizou muita gente  
Tanto do nosso Brasil  
como de Países diferentes.

Estando sempre na frente  
com os técnicos dando suporte  
a EMATER percorreu o rio  
Desde o sul até o norte  
Com as orientações diversas  
Tornando o evento mais forte.

Fazendo aqui um recorte  
das Cidades visitadas  
Penedo e Porto Real  
Tiveram suas paradas  
Igreja Nova, Traipu,  
Pão de Açúcar e Piaçabuçu  
Também foram contempladas.

Como ponto de partida  
Piranhas Também entrou  
Com visitas nas escolas

Fazendo esse apanhado  
de tudo que foi passado  
Na segunda expedição científica  
Esse evento foi muito arretado  
E por onde o Barco passou  
Deixou muito aprendizado.  
Com Doutores bem letrados

De muita sabedoria  
Até com os peixes falava  
Mostrando com simpatia  
Nos tanques rede artesanais  
Como se reproduzia.

Analista que se garantia  
dentro dos fatos reais  
analisava nas águas  
resíduos tóxicos e metais  
além de outros poluentes  
se descobriu de repente  
muitos coliformes fecais.

Havia ainda muito mais  
Cientista de renomado valor  
Mostrando o fundo do rio

O grupo conscientizou	Com equipamentos e robôs
A plantar árvores nativas	estudando o que os peixes comem
Para o Rio ter mais vida e valor	se eles matavam sua fome
	sem sofrer nenhum pavor.
Alunos, cientistas e professores	Também foi apresentado
Se envolveram na ação	Alguns casos de sucesso
Participando de pesquisa e palestras	Na cidade de Traipu
Sobre Conscientização	O fomento tem progresso
Pra salvar o Velho Chico	Projeto de avicultura
Tem que haver Preservação	ovinos e suinocultura
	nas famílias dando Certo.
Outros Grupos da população	
Também foram homenageados	foram também repassados
Associações, cooperativas,	Muitos aprendizados
Pescadores e assentados	nas palestras nas escolas
Além de receber visitas	com professores letrados
foram também entrevistados.	Plantio de espécies Nativas
	Tornando as matas mais vivas
	Como também foi mostrado.

Depois de tudo passado  
 nos fica a conclusão  
 Que o nosso Velho Chico  
 Necessita de carinho e atenção  
 para continuar vivo e correndo  
 Precisa de muita conscientização.

Pois essa expedição  
 Mostrou para a sociedade

Através de nossos técnicos  
um pouco da nossa realidade  
se cada um fizer sua parte  
Tornamos o Rio mais vivo de verdade

A Biodiversidade tá em perigo  
E diminui a cada dia  
Precisamos acordar  
E diminuir a covardia  
Para o São Francisco salvar  
Sem ter que remediar  
E esta é a causa da nossa alegria.

Toda essa sabedoria  
Passada para as crianças  
Das comunidades ribeirinhas  
Não vai sair da lembrança  
A prática dessa expedição científica  
Vai ficar como herança.

**Autor: Isaquiel Dias**

**(Técnico da EMATER - AL)**

Nasceu na cidade de Água Branca- AL, Agricultor filho de agricultor. Formado Técnico em Agropecuária Ecológica na FNDEP- Rio Grande do Sul, com Graduação em Tecnólogo na área de Gestão Ambiental pela UNINTER. Cordelista com algumas criações de temas variados como: Política, Meio Ambiente, Racismo e outros assuntos da realidade.

## APRESENTAÇÃO

O projeto surgiu com o motivo de bioprospectar 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 na ictiofauna, bem como, problemas ocasionados pelo represamento do rio, assoreamento, desmatamento, poluentes e uso de agrotóxicos e monitorar os efluentes na região do baixo.

Pretende monitorar os principais indicadores sociais, econômicos e 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.

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, sócio economia, ictiofauna, análise de água e de metais pesados, assoreamento, entre outras, em 5 municípios do Baixo São Francisco (Traipú, Porto Real do Colegio, 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, Traipú, 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.

Vale destacar o apoio financeiro e patrocínio oriundos do CBHSF, FAPEAL, CODEVASF, SEMARH-AL, SECTI-AL, UFAL, Pedreira Triunfo e UNIMED, e a ajuda e apoio da equipe do barco Magnífica (Ancelmo e Gicelmo), dos pescadores (Rodrigo e Marcio) e dos cozinheiros (Antônio e Jairo).

O relatório divide-se em quatro partes: Parte I Ictiofauna; Parte II Água; Parte III Educação Ambiental e Socioeconomia e Parte IV Tecnologia e Inovações. Apresenta 550 páginas de rico material coletado, estudado e analisado em campo e laboratório, com intuito de compreender os efeitos das mudanças ocorridas no baixo curso do rio e propondo sugestões para melhorias nas políticas públicas. Acreditamos que os dados aqui discutidos

nortearão propostas de manejo e auxiliarão instituições e prefeituras na tomada de decisão com embasamento científico atual e detalhado.

E vamos navegar no relatório e na II Expedição Científica do Baixo São Francisco!

### **Coordenação das Expedições do São Francisco**

## **PRESENTACIÓN**

El propósito de la expedición surge de la necesidad de prospectar, evaluar y divulgar la situación actual del Bajo San Francisco desde un punto de vista interdisciplinar en torno a tres grandes áreas de estudio: social, biológica y medio ambiental. Los trabajos se centraron en el análisis de los diferentes aspectos sociales de las comunidades ribereñas y de pescadores, del estado de la pesca, determinar la calidad del agua e identificar los impactos que influyen sobre el ambiente acuático y la ictiofauna, así como los efectos generados por la presencia de embalses, la pérdida de calado del río debido al exceso de sedimentos, la deforestación, los contaminantes, el uso de pesticidas y los vertidos en la región. El proyecto pretende monitorear los principales indicadores sociales, económicos y ambientales garantizando la calidad y seguridad alimentaria; además de poner énfasis en la situación actual del río, sus problemas y trasladar toda esta información a los órganos de gestión y de gobierno.

En 2018 tuvo lugar la I Expedición Científica en el Bajo San Francisco donde, durante 5 días, cerca de 40 investigadores (uno de ellos internacional) trabajaron en varias temáticas como educación ambiental, pesca, socio-economía, ictiofauna, análisis de agua y de metales pesados, sedimentación, etc., en cinco municipios del Bajo San Francisco (Traipú, Porto Real do Colegio, Igreja Nova, Penedo y Piaçabuçú) culminando en un informe final en junio de 2019 y en la publicación de un artículo científico con los datos obtenidos.

A finales de 2019 se realizó la II Expedición Científica esta vez con la participación de 50 investigadores y técnicos de 16 instituciones diferentes (15 nacionales y una internacional) y que durante 10 días llevaron a cabo diferentes estudios en los municipios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú, Porto Real do Colegio, Igreja Nova, Penedo/Neópolis, Piaçabuçú y la desembocadura del San Francisco. Esta campaña tuvo como objetivo principal estudiar el tramo bajo del río recogiendo información y datos para, una vez analizados los resultados, proponer acciones para combatir o mitigar los problemas del río. Es importante remarcar el hecho que, aunque los estudios se hayan llevado a cabo en varias áreas muy diferente, es necesario tener una perspectiva conjunta de los problemas para adoptar soluciones que vayan

enfocadas al bien común tanto del ambiente como de los habitantes de las orillas de San Francisco y su economía.

El informe se divide en cuatro bloques:

1. Ictiofauna. Abarca estudios de diversidad genética y de especies, estado general de salud de los peces mediante análisis de contenido estomacal, histología, metales pesados, microparásitos y genotoxicidad; además de dar una visión de la pesca, de los aspectos higiénico-sanitarios durante la comercialización de las capturas y de la percepción que tienen pescadores de los cambios ocurridos en el bajo San Francisco.
2. Agua. Se centra, por un lado, en el estudio de la calidad del agua del río con análisis de coliformes, eutrofización y medidas físico-químicas. Por otro lado, se describe la comunidad microfitoplanctónica observada.
3. Educación ambiental y socio-economía. Esta sección aborda temas sociales muy importantes como la agricultura familiar, la seguridad alimentaria, la salud mental de las poblaciones ribereñas y la educación ambiental en las escuelas.
4. Tecnología e innovación. Este último apartado engloba los trabajos de meteorología, energía fotovoltaica y tecnología de la información.

El contenido representa un vasto y rico material recogido, estudiado y analizado de forma estricta tanto en campo como en laboratorio y cuyos resultados pretenden mostrar los efectos de los cambios que han tenido lugar en el curso bajo del río y sugerir acciones para mejorar las políticas públicas y medioambientales.

Por último, agradecer al CBHSF, FAPEAL, CODEVASF, SEMARH-AL, SECTI-AL, UFAL, Pedreira Triunfo y UNIMED por su apoyo económico. Creemos que el volumen y la calidad de la información que aquí les mostramos les recompensarán con creces la confianza depositada en este equipo de investigadores.

**La Cordinación de la Campaña Científica**

## **PRESENTATION**

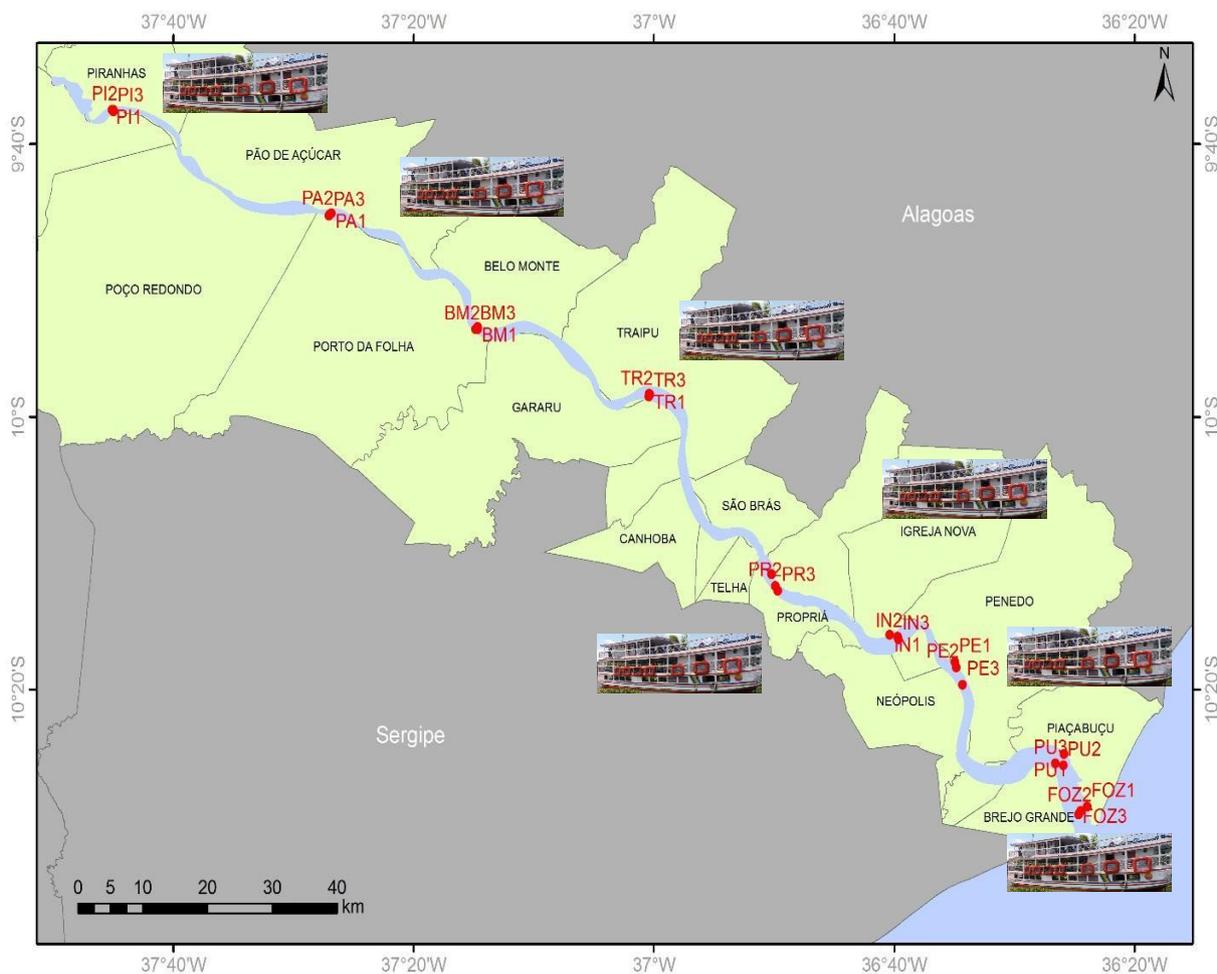
The project has objective of biomonitoring and understand the situation of the Lower São Francisco River, studying the social aspects of the riverside communities, the fishing community, the fishing situation, identifying the impacts and the quality of the river water on the aquatic faunal. The Scientific Expeditions in the Lower São Francisco began in 2018 and during 5 days, 40 researchers worked on various topics, such as; evaluating the water quality, pollution, silting, deforestation of the ciliary forest, socio-economic survey, environmental education, ictiofaunal composition, analysis of metals in fish, fishing and catching and salt intrusion.

In 2019, the II Scientific Expedition was realized, with 50 researchers and technicians from 16 institutions. During 10 days in 8 municipalities, were worked the same objectives of the year 2018, but this expedition had as main objective, to study the whole lower São Francisco, and with possession of the results, try to mitigate the problems principal in the river.

The report of the Scientific Expedition 2019 is divided into four parts: Part I - Ictiofaunal; Part II -Water; Part III- Environmental Education, social aspects and economy and Part IV - Technology and Innovations. Present 540 pages of rich material studied and analyzed, in order to understand the effects of the changes that occurred in the low course of the river.

### **The Team of the Scientific Expedition**

# TRECHOS E PONTOS DE COLETA DA II EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DE NOVEMBRO DE 2019



**Julho 2020**

**SUMÁRIO**

<b>Parte I – ICTIOFAUNA</b>	27
Análise da Ictiofauna e dos seus Aspectos Fisiológicos na II Expedição Científica do Baixo São Francisco para Ações de Manejo .....	28
Uso de Micronúcleo a Anormalidade Nucleares para Verificar a Saúde dos Peixes do Baixo São Francisco .....	56
Identificação Morfológica de Microparasitas da Fauna Aquática do Baixo São Francisco .....	70
Níveis dos Metais mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês e do metaloide arsênio em Músculo de Peixes do Baixo São Francisco	80
Biomarcadores Oxidativos da Ictiofauna do Baixo São Francisco .....	108
Avaliação do Conteúdo Estomacal dos Peixes Capturados no Baixo São Francisco .....	121
Caracterização Histológica de Peixes do Baixo São Francisco: estudo do intestino, fígado e brânquias .....	129
Diversidade Genética da Ictiofauna do Baixo São Francisco .....	152
Avaliação da Paisagem acústica na Região do Baixo São Francisco .....	169
A Pesca no Baixo São Francisco .....	188
Aspectos Higiênicos-Sanitários da Comercialização de Pescado em Sete Municípios de Alagoas .....	226
Percepção dos Pescadores sobre as Mudanças no Baixo Rio São Francisco .....	250
<b>Parte II – ÁGUA</b>	279
Níveis de Coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> e parâmetros físico-químicos nas áreas próximas a captação de água dos municípios, no Baixo São Francisco .....	280
Delineamento Físico-Químico do Perfil Longitudinal e Vertical do Estuário do Rio São Francisco .....	296
A Salinidade da Água no Baixo Rio São Francisco .....	331
Análise da Transparência, Sólidos Totais Dissolvidos e Temperatura da Água no Baixo Rio São Francisco .....	347
Avaliação do Potencial de Eutrofização e da Qualidade de Água no Baixo São Francisco Alagoano .....	358
Estrutura e Dinâmica do Microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e	368

Sergipe) .....	402
<b>PARTE III - SOCIOECONOMIA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL</b>	
A agricultura familiar no baixo São Francisco: perfil sócio produtivo e segurança alimentar .....	403
Saúde mental de agricultores familiares ribeirinhos do Baixo São Francisco em Alagoas, Brasil: levantamento da I Expedição científica do baixo São Francisco	450
Educação ambiental nas escolas ribeirinhas do baixo São Francisco .....	463
Relatório de Atividades da EMATER durante a 2ª Expedição científica do São Francisco .....	498
<b>PARTE IV - TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO</b>	517
Condições Meteorológicas, Temperatura da Água e Energia Fotovoltaica na II Expedição Científica do Baixo São Francisco .....	518
Testes de conceitos e robustez em equipamentos para robótica e sensoriamento ambiental .....	536

# PARTE I

## ICTIOFAUNA





## **Análise da Ictiofauna e dos seus Aspectos Fisiológicos na II Expedição Científica do Baixo São Francisco para Ações de Manejo.**

*(Ictiofaunal analysis and physiological aspects during the scientific expedition to management actions in the lower São Francisco)*

Emerson Carlos Soares<sup>1</sup>; Elton Lima Santos<sup>1</sup>; Álvaro de Assis Alves de Albuquerque<sup>5</sup>; Emilly Valentim<sup>2</sup>; Vivian Costa Vasconcelos<sup>3</sup>; Ricardo Fabio Teodósio<sup>4</sup>; Evaristo Pérez Rial<sup>2</sup> & Valéria Nogueira Machado<sup>6</sup>

<sup>1</sup>*Professores, LAQUA, CECA, Universidade Federal de Alagoas.*

<sup>2</sup>*Pesquisador e técnico, Centro Oceanográfico de Vigo, Instituto Espanhol de Oceanografia, Espanha.*

<sup>3</sup>*Mestre em Zootecnia, LAQUA, CECA, Universidade Federal de Alagoas.*

<sup>4</sup>*Bolsistas de Iniciação Científica, LAQUA, CECA, Universidade Federal de Alagoas.*

<sup>5</sup>*Técnico, CODEVASF-5SR, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba.*

<sup>6</sup>*Pesquisadora, Universidade Federal do Amazonas.*

## RESUMO

O Baixo São Francisco é uma das regiões da bacia hidrográfica que mais sofrem com os impactos causados ações humanas. Problemas como a diminuição da vazão e volume de água, acúmulo de poluentes, assoreamento, desmatamento e uso de métodos de pesca não permitidos, contribuem para a diminuição do volume de peixes. Foi observado na expedição científica de 2019, um leve aumento de espécies de peixes com relação a 2018, e pode ser decorrente do aumento da vazão, proporcionado pelas hidroelétricas. Apesar das mudanças em 2019, a ictiofauna na região enfrenta sérios riscos de sobrepesca, substituição de espécies nativas de água doce por espécies exóticas e eurihalinas, acarretando em futuros riscos de extinção. Conclui-se que medidas urgentes de manejo e políticas de gestão do uso dos recursos pesqueiros devem ser tomadas para evitar um colapso da atividade pesqueira no baixo São Francisco.

**Palavras chave:** Baixo São Francisco, peixes, diversidade, ecologia

## ABSTRACT

The lower São Francisco is the a region of basin hidrographic suffer more impacts by human actions. The problems such as decreased water flow and volume, accumulation of pollutants, silting, deforestation and methods of fishing prohibited, contribute to decrease of captures of fishes. In the Scientific Expedition 2019, a slight increase in the number of fish species was observed in comparison with 2018, probably due to the release of the major water volume of dams (hydroelectric). The ichthyofaunal in region has serious risks of overfishing, replacement of native freshwater species by exotics species and estuarine, and risks of

extinction. Urgent policies for the management and use of fisheries resources must be taken to avoid a collapse of the fishing activity in lower São Francisco.

**Keywords:** Lower São Francisco, fish, diversity, ecology

## INTRODUÇÃO

### *O Baixo São Francisco*

A bacia hidrográfica do rio São Francisco (BHRSF) está dividida em quatro unidades fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco; estando a sua foz e planície fluvio-marinha localizadas nessa região, que divide os estados de Alagoas e Sergipe (Medeiros et al., 2014). O São Francisco, que se enquadra na tipologia de rio de médio a grande porte, apresenta relevância ecológica, econômica e social, sendo utilizado para a geração de energia elétrica, irrigação, navegação, abastecimento de água, aquicultura e pesca (Medeiros et al., 2015).

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.

Segundo Rodrigues (2014), o crescimento populacional e crescente urbanização, produz e libera no ambiente dezenas de milhares de compostos químicos. Dentre as áreas que apresentam maior risco ambiental, destaca-se o entorno dos cursos de água, por onde substâncias com potencial citotóxico são levadas para rios como o São Francisco aumentando a poluição devido rejeitos da agricultura, e/ou das cidades marginais a sua calha. Por outro lado, agrotóxicos quando aplicados sobre os campos de cultivo, atingem os corpos límnicos através da água da chuva, irrigação ou por percolação no solo, causando eutrofização e intoxicação para a comunidade aquática (Cincinelli et al., 2013).

Os municípios localizados no entorno do Baixo São Francisco produzem principalmente de cana-de-açúcar (34.000 ha) e arroz (1.590 ha) (IBGE, 2014). Por outro lado, Nascimento e Oliveira (2016), observaram que as áreas dedicadas às pastagens predominaram com cerca de 58,37% do total, enquanto a classe agrícola, ocupa 15,77%. Quanto a vegetação nativa, a área corresponde a 10,96%, sendo dispersa por toda a área, em pequenos fragmentos e concentrada

na bacia do rio Moxotó. Sabe-se que parte destas culturas utilizam pesticidas como base para o manejo, entretanto não existem informações a respeito dos principais princípios ativos utilizados e dos impactos na qualidade da água e as suas consequências para a vida aquática.

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.

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). Para ser ter uma ideia, a vazão do rio São Francisco foi reduzida drasticamente nos últimos anos de 1.300 m<sup>3</sup>/s em 2012 para 550 m<sup>3</sup>/s em 2017 (Resolução ANA nº 1.291/2017), como efeito imediato foi detectado o aumento da salinidade na foz do São Francisco, onde Santana et al. (2017), observou concentração média de salinidade entre 0,17 a 28,87 ‰.

Existem várias consequências dessas reduções para o Baixo São Francisco, no entanto, o avanço da cunha salina sobre o rio trouxe impactos significativos para os ecossistemas e para a população local, com provável aumento da concentração de poluentes, interferência negativa em atividades econômicas como a pesca e a rizicultura e pode inviabilizar, em último caso, a utilização as águas para fins de abastecimento humano. Possivelmente, os efeitos desta salinização estão promovendo alterações na biota local, com aumento da competição entre espécies, diminuição dos estoques pesqueiros, desaparecimento de algumas espécies de peixes e crustáceos, e o surgimento de outros afeitos a ambientes salinizados (Soares et al., 2011; Gonçalves, 2016; Medeiros et al., 2016; Barbosa & Soares, 2017; Barbosa et al., 2018).

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 (Cunha, 2015). A supressão da vegetação nas margens do rio contribui para o aumento do assoreamento e processos erosivos

do solo, influenciando na diminuição de organismos, por serem importantes redutos de biodiversidade e indicador de preservação ambiental (Morais Filho, 2014; Aparecido et al., 2016).

Já a atividade da pesca do baixo São Francisco, tem acompanhado as mudanças no regime hidrológico do rio e devido as alterações causadas pelas barragens e hidroelétricas, estas contribuíram 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 (Lourenço, 2016).

Dados do início da década de 2010, indicavam a curimatã pacu *Prochilodus argenteus* (Characiformes, Prochilodontidae) e o piau *Megaleporinus obtusidens* (Anostomidae, Characiformes) como espécies mais abundantes (Barbosa e Soares 2009, Soares et al., 2011), entretanto relatos de pescadores locais sugerem que desde 2015, estas populações vêm declinando, e estes indivíduos que juntos, chegaram a representar cerca de 55% das capturas na microrregião de Penedo, possivelmente não estejam entre as cinco principais espécies comercializadas (Soares et al., 2011, Barbosa et al., 2017).

Tratando-se de outras atividades agropecuárias na região, 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). Contudo, a rizicultura, vem sendo substituída gradativamente nos últimos anos pela carcinicultura, utilizando os mesmos viveiros antes usados no cultivo de arroz, com pequenas obras de adequação, reforço dos taludes e adequação das comportas de abastecimento d'água (Barbosa et al., 2018).

#### *Ictiofauna do baixo São Francisco*

Marques (1995), trabalhando na região da várzea da Marituba, observou a ocorrência 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 piaus (*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 Paiva e colaboradores em 2016 (dados ainda não publicados) na planície fluviomarina do Rio São Francisco (Penedo- AL até o estuário do São Francisco) 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.

Soares et al. (2020) trabalhando em 8 municípios do Baixo São Francisco, relatou o empobrecimento de exemplares nativos na composição das capturas, com 17 espécies coletadas, constatando o desaparecimento das curimatãs-pacús- *P. argenteus* e pilombetas – *Anchoviella* sp.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Coleta da ictiofauna*

Os peixes foram capturados por dois 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 peixes 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.



**Figura 1.** Exemplos capturados para estudo ictiológico.



**Figura 2.** Aferição de parâmetros morfométricos.

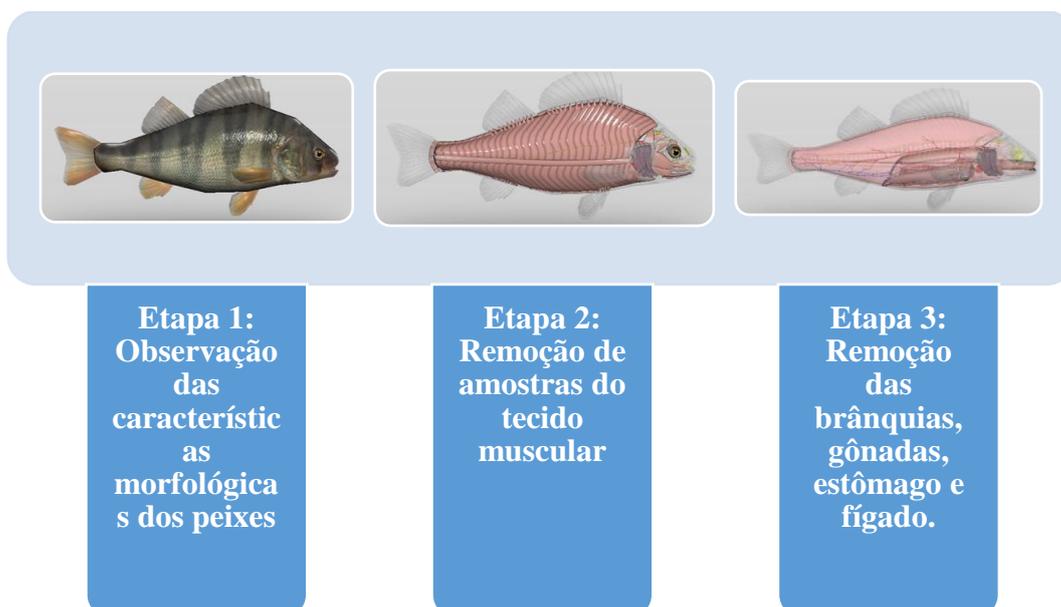
### *Biologia da reprodução*

O desenvolvimento ovariano foi determinado segundo escala de Vazzoler (1995); Estádio A: Imaturo ou virgem, Estádio B: Em maturação, estágio C: Maduro, Estádio D: Esvaziado e Estádio E: Repouso.



**Figura 3.** Observação das gônadas para determinação de estágio de maturação e desenvolvimento ovariano.

### Procedimentos para retirada dos tecidos dos peixes



\*As imagens dos peixes representados na figura acima foram retiradas do software 3D fish anatomy – biosfera.org



**Figura 4.** Biometria dos exemplares.



**Figura 5.** Remoção de tecidos dos exemplares capturados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Entendendo a dinâmica das espécies reofílicas no Baixo São Francisco*

A exemplo do médio São Francisco, onde as espécies reofílicas começam o período reprodutivo em outubro, e logo após a chegada das chuvas, com o aumento do sedimento, os peixes migram em direção as áreas de confluências e turbulência para desova e retornam posteriormente as lagoas marginais (Godinho, 2003). No baixo São Francisco, as espécies médio-migradoras com destaque para *Prochilodus argenteus*, *Metynnis maculatus*, *Megaleporinus obtusidens* e *Schizodum knerii*, entre outras, seguem esta dinâmica de

interação entre os habitats (calha do rio, afluentes e lagoas marginais), onde parte do tempo, (seca) permanecem nas áreas mais marginais, abrigadas ou com diminuição de correntezas, começam seus períodos reprodutivos a partir de outubro (ainda seca) e contudo na aproximação do período de chuvas ou trovoadas (fevereiro a maio), intensificam a migração reprodutiva.

Todavia, a região do baixo São Francisco sofre com problemas de diminuição de vazão patrocinado pelas hidroelétricas de Sobradinho e Xingó, o que proporciona ciclos reprodutivos artificiais, ou seja, dependendo do ciclo de chuvas nas cabeceiras de afluentes do São Francisco à montante das represas e em anos de maior ou menor pluviosidade, podem ou não aumentar a vazão do rio na região do baixo, influenciando no ciclo reprodutivo das espécies de piracema. As defluências e alterações no fluxo de água, impedimento a migração reprodutiva, alterações do regime lótico para lântico, modificação da estrutura da comunidade aquática, poluentes e contaminantes (agrotóxicos e efluentes domésticos), pesca com apetrechos não permitidos, captura de exemplares que não atingiram a maturação sexual, diminuição das áreas dos habitats destes organismos, desmatamento das áreas marginais, diminuição de área de alimentação, e aumento da intrusão salina estão entre os problemas que impactam a reprodução dos organismos aquáticos e geração de novos indivíduos (ANA, MMA, Soares et al. 2020) (Figura 6 e 7).

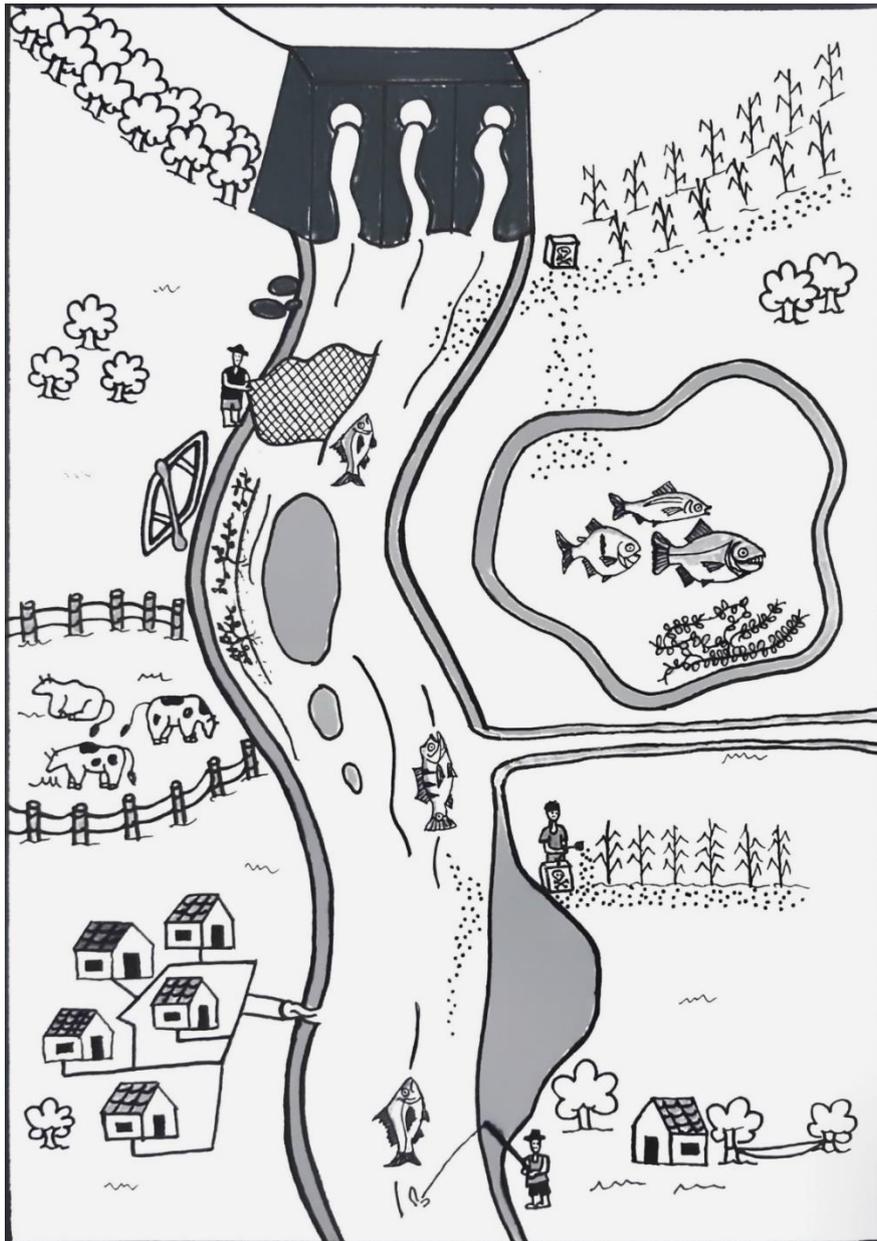
Relatórios da ANA em 1998-1999, já denunciavam o desaparecimento de espécies quando afirmavam através de entrevistas com pescadores o desaparecimento de pelo menos 12 peixes tais como: *Pimelodus maculatus*-mandim, *Steindacherina elegans*- aragú, *Parauchenipterus galeatus*-cumbá, *Acestrochynchus lacustris*-lambiá, niquim ou pacamom – *Lophiosilurus alexandri*, *Prochilodus argenteus*- curimatã-pacú, *Conorhynchus conirostris* – pirá, *Pseudoplatystoma corruscans* – surubim, pilombeta – *Anchoviella lepidentostole*, piau – *Schizodon knerii* e piaba mantega – *Moenkhausia costae*.

De acordo com ANA (2003) e PBHSF (2004), os maiores problemas no rio São Francisco em termos de impactos antrópicos decorrem do lançamento de esgotos domésticos que depleciam os níveis de oxigênio dissolvido e aumentam a quantidade de matéria orgânica e de coliformes fecais, despejo de efluentes por atividades mineradoras (cobre, zinco, cádmio, cromo e chumbo), projetos de irrigação (propiciam aumento de pesticidas e fertilizantes) e assoreamentos da calha (aumentam a quantidade de sólidos suspensos e turbidez). Estes impactos adicionados pelo aumento dos períodos de seca e competição com espécies exóticas faz com que ocorra o desaparecimento de espécies de peixes nativos no baixo São Francisco.

Merece destaque a correlação entre a época de reprodução das espécies de peixes com o aumento da vazão do Baixo São Francisco. Para entendermos essa situação, os afluentes intermitentes no baixo contribuem apenas com 5% da água na região, enquanto cerca de 90% das águas que abastecem a o baixo são oriundas do alto São Francisco, portanto altamente dependentes do regime de chuvas naquela área da bacia. Antes das barragens, as altas vazões correspondiam aos meses de dezembro a maio, época de reprodução de grande parte das espécies de peixes nativas e reofílicas. O baixo São Francisco recebia além do grande aporte de água oriunda do alto e médio (acima de 4000 m<sup>3</sup>/s), que enchiam as lagoas marginais do curso do baixo, com nutrientes, matéria orgânica para fertilização do solo, sedimentos e água nova, também uma carga adicional de água, quando aumentava o regime pluviométrico na região de Paulo Afonso-BA à Foz, com período de chuvas concentradas entre março e julho (Fontes, 2011). Nestas condições, os peixes desovavam praticamente durante 6 meses do ano (novembro a abril).

Atualmente, as enchentes anuais são artificiais e limitadas pelas hidroelétricas, e em anos de menor índice pluviométrico nos cursos rio acima, afetam drasticamente a reprodução das espécies no curso rio abaixo, ocasionando a chamada “desova seca”, termo este denominado, quando os organismos estão maduros, com gônadas em processo de aumento do volume com produção de ovócitos e espermatozóides, mas não conseguem concluir a etapa reprodutiva, pois não foram estimulados (hormônios) o suficiente para o término do ciclo reprodutivo.

Para entendermos o ciclo reprodutivo das espécies reofílicas, observamos abaixo a figura 6 - período de seca e a figura 7 – período de enchente no baixo São Francisco:

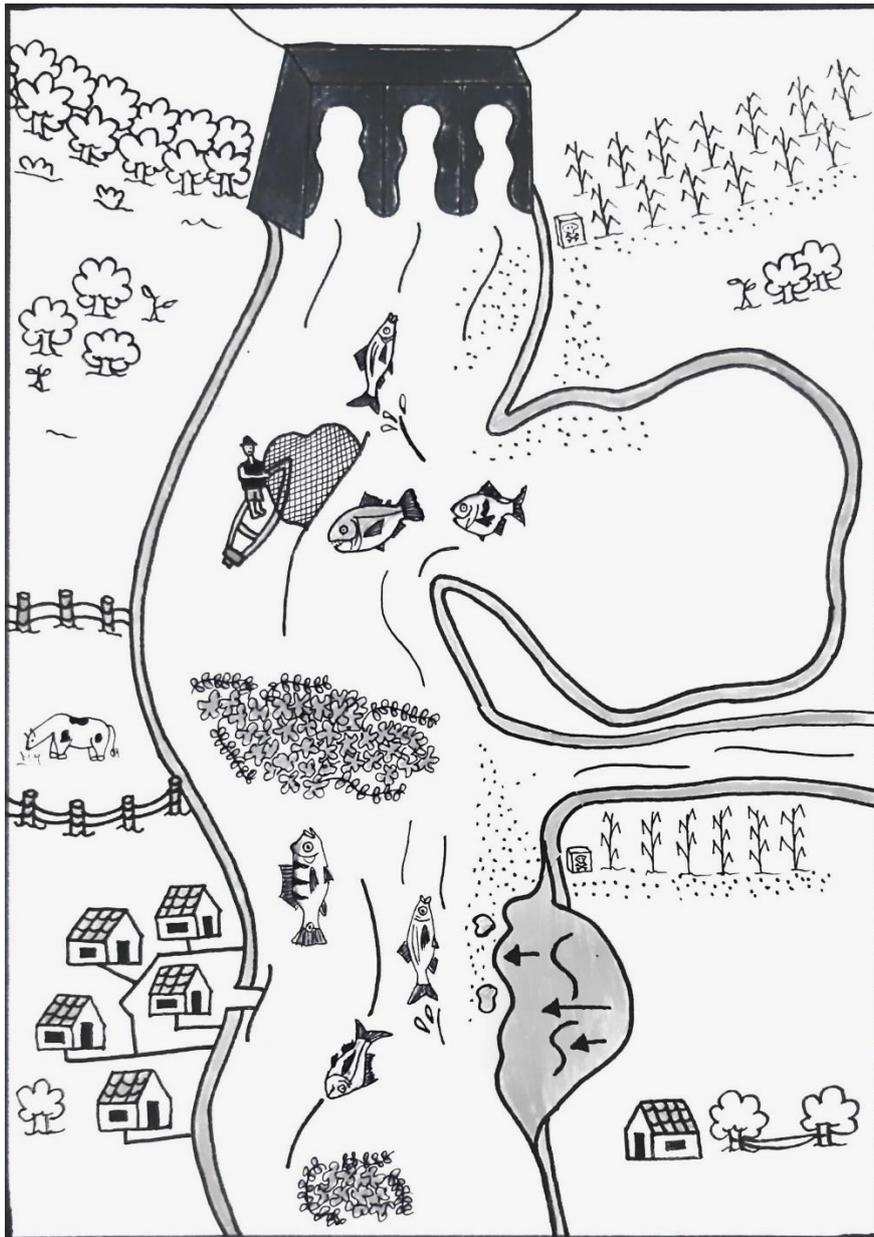


**Figura 6.** Dinâmica hidrológica e correlação com espécies reófilas ou migradoras, no período de seca. (gravura: Emilly Valentim).

Nesta gravura 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. Neste período, notamos a diminuição do volume de água e áreas, com transformação do sistema lótico (com maiores correntezas e trocas de água) para lântico (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.

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.



**Figura 7.** Situação no baixo São Francisco com o período de cheia (gravura: Emilly Valentim).

Na figura 7, 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 da figura 6.

Como podemos observar, os impactos provocados pelas usinas hidrelétricas, alterando o sistema lótico para lântico, refletiram em modificações na estrutura das comunidades de peixes (Andrade & Araújo, 2011). Entre essas modificações, destacam-se interferência na composição e comportamento, assim como na migração reprodutiva dos peixes, fazendo com que algumas entrassem em colapso (Barbosa & Soares, 2009). Diante deste contexto, é necessário que estratégias eficientes sejam tomadas com relação ao estudo da bioecologia e identificação das espécies distribuídas no Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, a fim de mitigar os efeitos danosos provocados no ambiente pelas ações antrópicas (Ramos, 2001).

Cerca de 70% dos peixes coletados nos meses de outubro de 2018 e novembro de 2019, estavam com 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).

#### *Ictiofauna coletada nas expedições de 2018-2019*

Durante a expedição foram coletados cerca de 119 exemplares de peixes em 2018 e 206 exemplares em 2019, apresentados na tabela abaixo:

**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 brasilianus</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

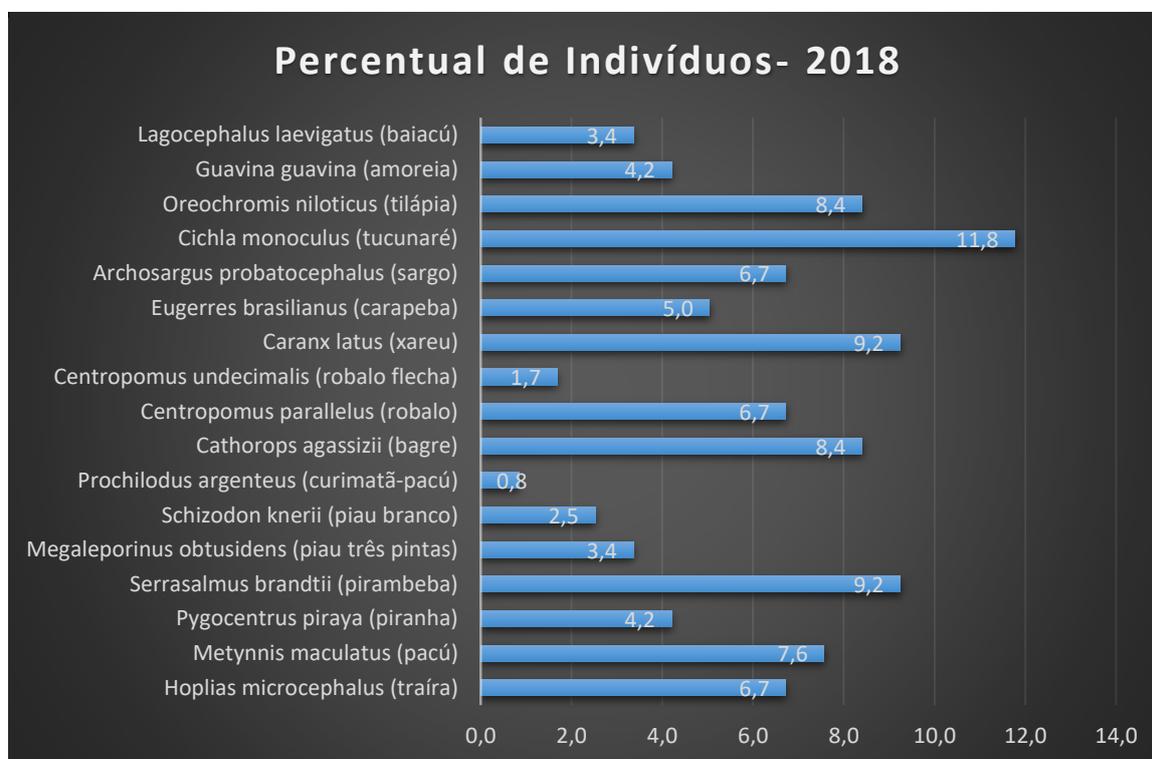
N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados.

**Tabela 2.** Espécies coletadas durante a expedição ao Baixo São Francisco em 2019.

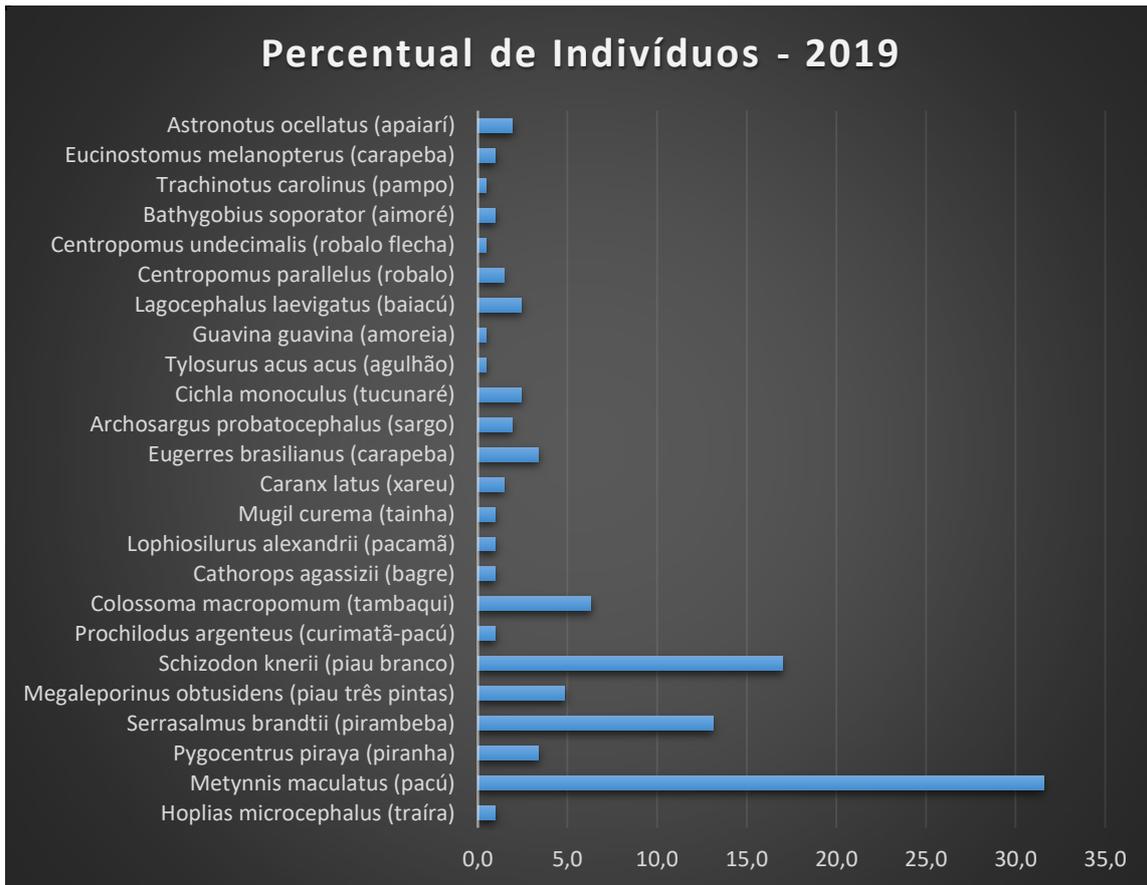
Ordem	Família	Espécie	n	Nome comum
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias microcephalus</i>	2	Traíra - N
	Serrasalminidae	<i>Metynnis maculatus</i>	65	Pacu-disco - N
		<i>Pygocentrus piraya</i>	7	Piranha verdadeira N
		<i>Serrassalmus brandtii</i>	27	Pirambeba - N
	Anostomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</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

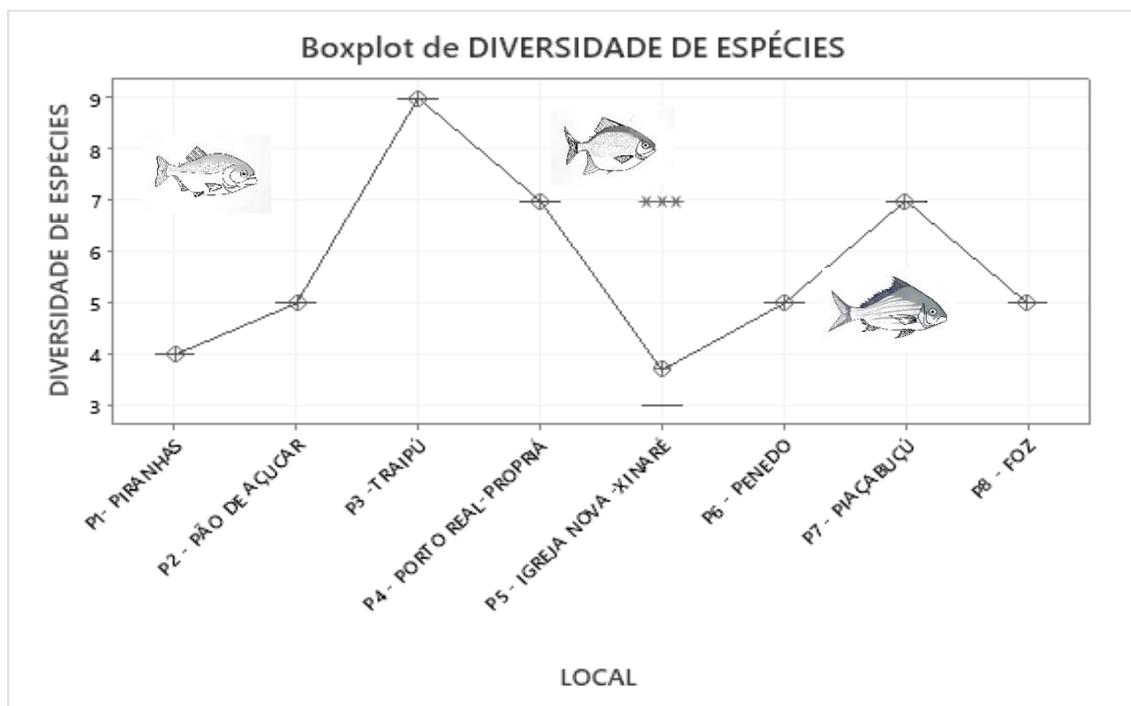
N = Nativa; M = Marinha e I = Introduzida; n = número de exemplares coletados.



**Figura 8.** Percentual de espécies de peixes encontradas na I Expedição Científica- 2018.



**Figura 9.** Percentual de espécies de peixes encontradas na II Expedição Científica- 2019.



**Figura 10.** Diversidade de espécies de peixes por localidade em 2019.

O ano de 2018 teve como principais características, a diminuição do volume de chuvas e uma vazão que ficou próximo a 500 m<sup>3</sup>/s, que influenciou significativamente no movimento migratório das espécies reofílicas, no aumento da concentração da carga de efluentes, decorrente do menor volume de água e menor capacidade depurativa do próprio rio. Estes fatores associados a vulnerabilidade dos organismos face aos apetrechos de pesca (menos áreas de refúgio) e condições estressantes de qualidade de água, podem ter contribuído para uma diminuição dos peixes.

Já em 2019, foram encontradas condições hidrológicas melhores, decorrentes do aumento do regime chuvoso e da vazão, com aproximadamente 1300 m<sup>3</sup>/s, que proporcionou maiores áreas de refúgio, maior capacidade depurativa do rio e conexão entre os afluentes e lagoas marginais. O reflexo disso foi a diminuição da cunha salina, aumento de espécies de água doce e menor quantidade de espécies marinhas do que nas regiões abordadas em 2018.

Os dados observados na figura 10, apresentam Traipú como região de maior diversidade de espécies de peixes, seguidas por Porto Real-Propriá e Piaçabuçu (não diferiram entre si, Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). Nas outras regiões de coleta foram observados baixa diversidade de espécies, em comparação com as três regiões acima.

De acordo com estudos realizados por Barbosa & Soares, 2009 e Barbosa & Soares (2017), a ictiofauna da bacia do rio São Francisco é composta por 32 famílias, 110 gêneros e 241 espécies, pertencentes a sete ordens: Clupeiformes, Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Cypriniformes, Sinbranchiformes e Perciformes. Na distribuição das famílias, gêneros e espécies, por ordem, destacam-se as ordens Characiformes com 13 famílias, 44 gêneros e 77 espécies e a ordem Siluriformes, com 10 famílias, 47 gêneros e 85 espécies, pela maior diversidade nestes táxons, demonstrando grande capacidade de dispersão e especiação desses grupos.

Os mesmos autores concluíram que dentre as espécies nativas da bacia várias espécies apresentam importância na alimentação humana, por isso alvo de intensa pesca, se destacavam: curimatãs *Prochilodus argenteus*, dourado *Salminus franciscanus*, mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*, mandi-açu *Duopalatinus emarginatus*, piaus *Megaleporinus spp.* e *Schizodon knerii*, traíras *Hoplias spp.*, cascudo-preto *Rhinelepis aspera*, corvinas e piranha *Pygocentrus piraya*.

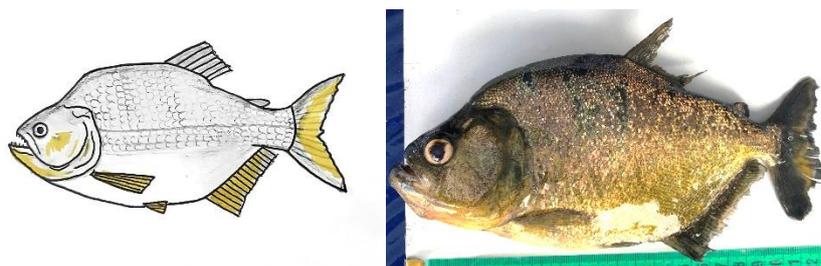
Dados obtidos nos estudos de Soares et al. (2011) na microrregião de Penedo, relataram predominância de 22 espécies em 2007, 18 espécies em 2008 e 17 espécies em 2009, das quais cerca de cinco representavam em média 80% da biomassa do pescado desembarcado, com a curimatã-pacu *Prochilodus argenteus*, espécie endêmica da Bacia, com percentual

médio de 40,0%, seguido da família Anostomidae, tendo os piaus *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.

Ao confrontarmos com os dados atuais obtidos pelas duas expedições científicas, percebe-se o empobrecimento de espécies nativas e de água doce na composição das capturas, com 17 espécies coletadas (2018) com um total de 119 indivíduos capturados e 24 espécies em 2019 com um volume de capturas da ordem de 206 indivíduos, sendo que destas, sete foram nativas para ambos os anos. Foi constatado o desaparecimento das curimatãs-pacús, pilombetas, pacamã e piabas- *Astyanax bimaculatus* e diminuição das carapebas, com prevalência da ordem Perciformes em detrimento dos Characiformes, outrora mais abundantes, e aumento de espécies eurihalinas e marinhas e exóticas com relação as nativas.

Permanece o panorama, no qual cerca de 5 ou 6 espécies representam entre 70% a 80% das capturas na região com destaque para as espécies *M. maculatus*- pacú, *S. knerii* – piau branco ou piau de vara, *S. brandtii*- pirambeba, *C. macropomum* – tambaqui, *M. obtusidens* – piau três pintas e *E. brasiliensis*- carapeba verdadeira. Contudo em 2018 as três espécies mais capturadas foram as pirambebas, seguida dos pacus e tucunarés, já em 2019, destacaram-se o pacú, os piaus e as pirambebas.

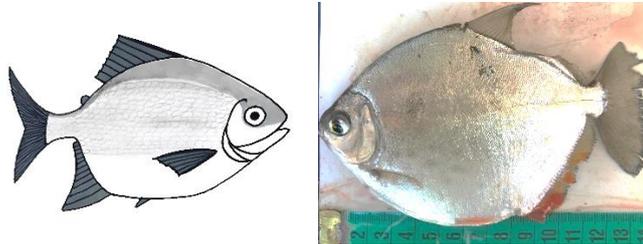
Abaixo podemos verificar a descrição das principais espécies de água doce coletadas nas expedições do Baixo São Francisco:



**Figura 11.** *Serrasalmus brandtii* – pirambeba

É uma espécie pertencente a ordem Characiformes, família Serrasalmidae, nativa da Bacia do São Francisco de desova parcelada, com picos no período chuvoso. Possui corpo alto e bastante comprimido lateralmente, com presença de espinho pré-dorsal e quilha ventral dotada de espinhos. Possui aproximadamente 22 cm de comprimento padrão máximo (Britski

et al., 1988), alimenta-se, quando nas fases juvenis, de insetos, escamas, olhos e nadadeiras e quando adulto é piscívora (Pompeu 1999), sendo de hábito bentopelágico.



**Figura 12.** *Metynnis maculatus* – pacú-disco

É uma espécie pertencente a ordem Characiformes, família Serrasalminidae, subfamília Serrasalminae. Corpo comprimido e muito alto; uma série de espinhos abdominais, nadadeira dorsal com mais de 16 raios e pela presença de um espinho pré-dorsal anteriormente direcionado. Apresentam duas séries de dentes molariformes ou incisiviformes. Tem hábito comportamental pelágico e alimenta-se de plantas e algas, conferindo hábito alimentar herbívoro.

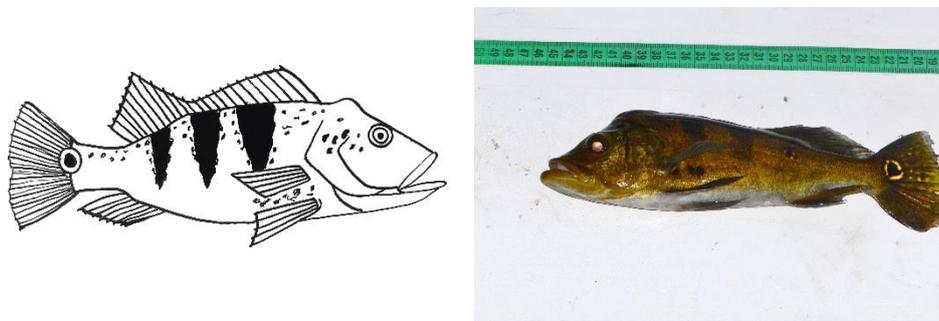


**Figura 13.** *Megaleporinus obtusidens* – Piau três pintas



**Figura 14.** *Schizodon knerii* – piau branco

A família Anostomidae pertence a ordem Characiformes. O *M. obtusidens* possui corpo alongado, cobertos por escamas prateadas, nadadeiras peitorais, ventrais e anal, amareladas, com focinho proeminente, apresentam três máculas no flanco. Já *S. knerii* possui boca terminal, corpo coberto por escamas, não possui manchas, com boca terminal e as vezes aparecem faixas transversais em seu corpo. É de grande importância comercial, com hábito onívoro e quando juvenis se alimentam de moluscos, invertebrados, matéria vegetal e detritos, combinando com insetos, sementes, crustáceos e moluscos, como massunis- *Anomalocardia brasiliana*, presentes no baixo São Francisco. Com ciclo reprodutivo nos meses de outubro a março e maturação sexual por volta dos 18 a 20 cm, são peixes de desova total.

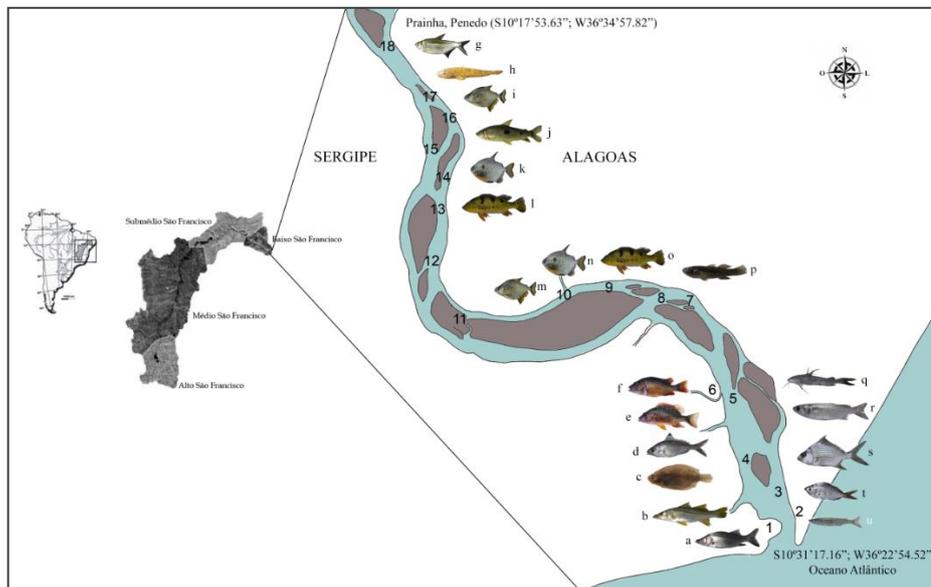


**Figura 15.** *Cichla monoculus* – tucunarés

O gênero *Cichla*, do qual fazem parte os tucunarés, pertence à superclasse Actinopterygii, peixes de nadadeiras raiadas, ordem Perciformes, família Cichlidae. Com cerca de 7.000 representantes, a ordem Perciformes é caracterizada pela presença de dois espinhos na porção anterior da nadadeira anal e nadadeira caudal em forma de losango. Apresenta duas nadadeiras dorsais ou uma dividida em duas porções, sendo a porção anterior com raios duros e a posterior com raios moles modificados. Apresentam características de um grande predador, devido à boca grande e protáctil, pré-maxila bastante proeminente, ultrapassando a porção médio-anterior da região orbital. Possuem coloração amarelo-oliva, com ventre claro ou avermelhado (dependendo da época de reprodução).

Na Planície Fluvio-marinha do Rio São Francisco (de Penedo à Foz), (Paiva et al., dados não publicados) encontrou 31 famílias, sendo descritos 54 novos registros (NR) de espécies para a Bacia do Rio São Francisco, todas associadas aos estuários ou de origem marinha. Segundo os mesmos autores, as famílias estuarinas típicas como Carangidae, Clupeidae, Engraulidae, Gerreidae e Lutjanidae, representadas por *Caranx latus*, *Harengula clupeola*, *Anchovia clupeoides*, *Diapterus rhombeus*, *Lutjanus jocu*, entre outras, foram exclusivas da

subárea I. Além das espécies duciaquícolas, nas subáreas II e III, as espécies marinhas-duciaquícolas-estuarinas (MDE) ocorreram em números consideráveis.



**Figura 16.** Distribuição espacial das espécies dominantes na Planície Fluviomarinha do Rio São Francisco. a. *Centropomus parallelus*; b. *Centropomus undecimalis*; c. *Citharichthys spilopterus*; d. *Eucinostomus melanopterus*; e. *Lutjanus alexandrei*; f. *Lutjanus jocu*; g. *Astyanax fasciatus*; h. *Awaous tajasica*; i. *Serrassalmus brandtii*; j. *Leporinus piau*; k. *Metynnis maculatus*; l. *Cichla monoculus*; m. *Serrassalmus brandtii*; n. *Metynnis maculatus*; o. *Cichla monoculus*; p. *Awaous tajasica*; q. *Sciades herzbergii*; r. *Mugil* sp. s. *Eugerres brasilianus*; t. *Eucinostomus* sp.; u. *Atherinella brasiliensis* (Extraído de Paiva et al., dados não publicados).

### ***Conclusão e perspectivas de pesquisa-ação para melhorias na região do Baixo São Francisco quanto a ictiofauna.***

- 🐟 A ictiofauna no Baixo São Francisco é de pouca diversidade e quantidade, onde cerca de 6 espécies representam 80% das capturas na região;
- 🐟 Podem ser consideradas espécies quase extintas ou em processo de declínio as curimatãs-pacús- *P. argenteus*, pilombetas – *Anchoviella* sp., surubim – *Pseudoplatystoma corruscans*, dourado – *Salminus franciscanus*, pacamã – *L. alexandrii*, pirá - *Conorhynchos conirostris* e piaba – *A. bimaculatus*;
- 🐟 A diminuição da vazão, pesca com métodos não permitidos (tamanho de malha, bombas, bolinhos com uso de formol, etc), represamento da água, desmatamento da vegetação ciliar, assoreamento, poluição de efluentes das cidades e agrotóxicos,

aliados a 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 grande quantidade de esgotos e lixo jogados na calha do rio, prejudicam a qualidade de água, o que provoca forte estresse para as espécies, colaborando para diminuição do alimento natural e diminuição do crescimento e desenvolvimento dos peixes;
- 🐟 O menor volume de água e maior assoreamento, favorecem a diminuição das áreas de fugas, menor quantidade de sedimentos, aumento da visibilidade por parte de peixes carnívoros e predadores, restringindo as áreas de proteção de indivíduos jovens, favorecendo a predação por organismos adultos e exóticos a bacia (tucunarés, apaiaris, piranhas, pirambebas, etc), dos organismos jovens e na fase imatura, colaborando para depleção dos estoques pesqueiros nativos, isso explica a presença de grande número de peixes exóticos e de hábito alimentar piscívoro, as vezes melhor adaptados à piora das condições ambientais;
- 🐟 O aumento da cunha salina em períodos de menor vazão e chuvas, diminuem os habitats de espécies nativas de água doce, aumentando a concorrência por alimento, por parte de espécies eurihalinas ou marinhas.

#### ***Ações de curto e médio prazo para recomposição da ictiofauna no baixo***

- 🐟 Atualização urgente das instruções normativas de defeso, visto que estas estão defasadas e com pouco embasamento científico, com discussão entre pesquisadores, pescadores, agricultores, comitê de bacia, IBAMA, MMA, ICMBIO, IMA e Universidades;
- 🐟 Retomada e fortalecimento urgente dos programas de peixamentos (CODEVASF) com definição de áreas de berçários, onde as espécies nativas reproduzidas em cativeiro, seriam realocadas em áreas delimitadas e protegidas, durante pelo menos 6 meses, através de acordos de pesca e manejo de áreas a ser definida pelos pescadores, instituições e pesquisadores;
- 🐟 Investimento imediato por parte das instituições que trabalham com a gestão da água e setor elétrico (ANA, CBHSF, CHESF, CASAL, etc) em projeto de

biomonitoramento contínuo no baixo São Francisco, para ações como estatística pesqueira, monitoramento da qualidade de água, análise de poluentes, saneamento básico, plantio de árvores, manejo do solo, monitoramento hidrológico;

- 🐟 Proteção de áreas de confluência de rios como o; Traipú, Perucaba, Jacaré, Piauí, Betume e Ipanema, com ações fiscalizatórias e criação dos agentes ambientais voluntários, onde pessoal da própria comunidade ajuda na fiscalização da região, tornando-se parte do processo, desta forma o sucesso na proteção de áreas de manejo serão mais efetivas;
- 🐟 Em termos de estudos da ictiofauna, sugere-se nos estudos futuros delimitação de sub-áreas por proximidades hidrológicas, ambientes e de espécies: Piranhas à Pão de Açúcar – área 1; Pão de Açúcar à Traipú – área 2; Traipú à Porto Real – área 3; Porto Real à Penedo – área 4; Penedo à Piaçabuçu – área 5 e Piaçabuçu à Foz – área 6;
- 🐟 Fortalecimento da EMATER, para o sucesso de ações mais agroecológicas e manejo de solo para o cultivo nas margens do rio;
- 🐟 Criação de um programa de educação ambiental nas escolas e na comunidade, com inserção de temas ambientais nos projetos pedagógicos das escolas;
- 🐟 Revisão do período de defeso anual, de acordo com a situação do sistema hídrico, pois sabe-se que existem cheias artificiais no baixo, que dependem da demanda de chuvas de cada ano, e estes influenciam nas épocas de reprodução dos peixes migradores;
- 🐟 Criação do bolsa ambiental, com incentivo àqueles que participam do programa de agentes ambientais voluntários e ações de conservação na região;
- 🐟 Proteção integral da área da Marituba do Peixe, como importante área de proteção dos peixes;
- 🐟 Incentivo a programas de cultivo de peixes em tanques-redes, delimitados por ações de controle as espécies exóticas e fugas de peixes destes sistemas de cultivo;
- 🐟 Como decisão mais drástica; moratória ou fechamento integral de áreas de pesca, sendo de forma manejada, contudo este tipo de medida tem de contar com apoio da

população, pescadores, instituições e apoio do MAPA-SEAP e Ministério do Trabalho, para que os recursos cheguem na época correta aos pescadores;

- 🐟 Fortalecimento das bases de pisciculturas da CODEVASF para produção de juvenis de espécies nativas;
- 🐟 Ações integradas na gestão dos resíduos e dejetos das cidades ribeirinhas para contenção dos poluentes na água;
- 🐟 Delimitação de uma vazão ecológica mínima, nunca abaixo de 900m<sup>3</sup>/s, principalmente para evitarmos as chamadas “desovas secas”, onde os peixes que estão em fase reprodutiva maturam suas gônadas (órgãos sexuais), mas não completam o ciclo reprodutivo, pelas condições ineficientes de estímulos ambientais em relação a fisiologia e biologia reprodutiva destes organismos;
- 🐟 Planejamento urbano e contenção pelas prefeituras, MP e órgãos ambientais de fiscalização de áreas de ocupação desordenada às margens do rio e de áreas de confluências de afluentes e ilhas, além de coibir práticas imobiliária e turística predatória, plantios e criação de animais, principalmente nas áreas de importância ecológica.

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial a toda equipe da expedição do São Francisco de 2018 e 2019, ao Giselmo e Ancelmo – Barca “A Magnífica” e “A Maravilhosa”. Aos pescadores Márcio e Rodrigo. Ao Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco nas pessoas do presidente Anivaldo Miranda e professor Melchior Carlos e toda diretoria do baixo. A agência Peixe vivo nas pessoas de Daniela, Manoel e Rúbia. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas nas pessoas dos professores Fabio Guedes e João Vicente. A Secretária de Ciência e Tecnologia de Alagoas- SECTI- AL. A SEMARH- Secretária de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas. As prefeituras de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú e Piaçabuçu. A CODEVASF- Companhia dos Vales do São Francisco e Parnaíba. A EMATER – AL, na pessoa da senhora Rita.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.R.; FELCHAK, I.M. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do rio das Antas - Irati/PR. **Geoambiente On-Line**. n.12 (jan-jun): 108 – 132. 2009.
- ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. Historical changes in the Rio das Velhas Fish fauna – Brazil. **The American Fisheries Society Symposium**, Grosvenor Lane Bethesda, 45: p. 587-602, 2005.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Acessado em 18/06/2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gefsf/arquivos/resumoexecutivo4-5a.pdf>
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Acessado em 09/01/2019. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas/Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: ANA, 2017.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos/Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. 2. ed. Brasília: ANA, 2013.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos/Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2017.
- APARECIDO, C.F.F.; VANZELA, L.S.; VAZQUEZ, G.H. & LIMA, R.C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 239-256, maio - junho, 2016.
- 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.

- 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.
- CHESF. **Redução temporária da vazão mínima do Rio São Francisco para 550 m<sup>3</sup>/s, a partir da UHE Sobradinho**. 45° 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
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of world of fisheries and aquaculture**. Rome. 2016.
- 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, ed.5.
- MEDEIROS, P.R.P. 2006. Influência das oscilações das marés na concentração de nutrientes e do plâncton no estuário do rio São Francisco. In **Programa de Pesquisa e Desenvolvimento P&D para o ciclo 2003/2004**. Maceió.
- MEDEIROS, P. R. P., KNOPPERS, B., SOUZA, W. F. L. & OLIVEIRA E.N. 2011. Aporte de material em suspensão no baixo rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology** 15(1):42-53.
- MMA. (2006). Caderno da região hidrográfica do São Francisco. MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília: MMA, 148p.
- MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO, J. L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: vol. V, teleostei**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1985.105 p.
- PAIVA, A. G.; HUGHES, R. M.; ARAUJO, M.E.; CHAVES, P.T.C. & SOARES, E.C. Structure of the fish fauna in the São Francisco River fluvial plain, Brazil. Artigo submetido à **Environmental Biology of Fishes**.
- POMPEU, P. S. & GODINHO, H. P. 2003. **Ictiofauna de três lagoas marginais do médio São Francisco**, p. 167-181. In GODINHO, H. P. & GODINHO A. L. (org.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas. 468 p.
- 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.
- 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.
- VAZZOLER, A. E. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos**: Teória e prática, Maringá: EDUEM; 1996. 169p.



## **Uso de Micronúcleo e Anormalidades Nucleares para Verificar a Saúde dos Peixes no Baixo São Francisco**

Emilly Valentim de Souza<sup>1</sup>, Elâne Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Karina Leitão de Oliveira<sup>1</sup>, Lucas de Oliveira Arruda<sup>1</sup>, Emerson Carlos Soares<sup>2</sup>, Themis de Jesus da Silva<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>*Graduando em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura Análises de Água.*

<sup>2</sup>*Professor do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura e Análises de Água.*

<sup>3</sup>*Professora do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura e Análises de Água.*

### **RESUMO**

Na região do Baixo São Francisco, além da atividade pesqueira sobexplotada, há o despejo de esgoto das cidades e a utilização de agrotóxicos em plantações próximas a margem do rio, que acarretam diversos problemas ao ambiente. Muitos trabalhos utilizando peixes são realizados para monitorar ecossistemas aquáticos, estes servindo 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 foi utilizado o teste de micronúcleo e a frequência de anormalidades nucleares. Em relação à frequência média total de anormalidades e micronúcleo, o município de Piranhas (AL) apresentou uma maior quantidade, seguida de Porto Real do Colégio (AL), enquanto a piranha verdadeira (*Pygocentrus piraya*) apresentou a maior frequência de anormalidades. Os resultados obtidos podem ser indicativos de alterações na qualidade de água, saúde do rio e dos organismos aquáticos que vivem neste ambiente.

**Palavras chave:** Bioindicador, genotoxicidade, mutação

## INTRODUÇÃO

O rio São Francisco possui cerca de 2.700 km de comprimento e se estende do estado de Minas Gerais, percorrendo Goiás, Distrito Federal, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, onde deságua. O Rio percorre cerca de 505 municípios, servindo como fonte principal de renda para milhares de famílias. Na região do Baixo São Francisco, que se estende do município de Piranhas-AL à Foz, além da atividade pesqueira sobreexplorada há também o despejo de esgoto domésticos das cidades e a utilização de agrotóxicos em plantações próximas a margem do rio (OLIVEIRA & SOUZA, 2010).

O baixo São Francisco possui, além da importância ambiental, extrema importância econômica para as famílias que vivem as suas margens, que dependem do rio para sobreviver, destaque-se a pesca, agricultura familiar, turismo e monoculturas. Os impactos gerados pelo excesso de exploração dos recursos do rio, somados com danos causados pela presença de atividades humanas às suas margens, interfere na manutenção dos seus estoques naturais (BARBOSA & SOARES, 2009).

Os municípios que se destacam no baixo São Francisco são: Penedo, município que tem grande destaque econômico, possuindo arquitetura colonial, atraindo grande atenção turística, também é responsável pela criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (IBGE, 2019); Piranhas, município de caráter econômico turístico, atraindo turistas para os cânions do Rio São Francisco; Igreja Nova, cidade que tem como destaque econômico o setor agropecuário, sendo grande produtor de arroz e criação de camarão (IBGE, 2017) e Piaçabuçu que é a última cidade percorrida pelo rio, no lado alagoano, e é um dos principais polos pesqueiros de camarão (IBGE, 2019).

O Biomonitoramento é uma ferramenta utilizada para identificar poluentes que afetam o meio ambiente e pode ser realizado por meio da avaliação de organismos expostos a sistemas biológicos com a possível presença destes (SILVA et al., 2003). Tais poluentes podem ter efeitos genotóxicos em peixes e outros organismos aquáticos e tem sido tema de muitos estudos, principalmente quando se busca estabelecer a resposta de genes a estímulos ambientais (BÜCKER et al., 2006). Muitos trabalhos utilizando peixes têm sido realizados para monitorar ecossistemas aquáticos, estes são considerados bons indicadores da qualidade do meio aquático. Tais organismos, respondem de diferentes maneiras à contaminação, com mudanças na taxa de crescimento, de maturação sexual e comportamentais, além de possíveis mutações no material genético (DNA), que podem ser hereditárias, alterações fisiológicas e

bioquímicas (distúrbios na produção de enzimas), comprometimento de diferentes sistemas como o sistema imunológico.

Assim, foi utilizado o teste do micronúcleo e a frequência de anormalidades nucleares, para detectar mutação no material genético, nos peixes coletados na II Expedição do Baixo São Francisco, com o objetivo de avaliar a saúde dos peixes coletados bem como da qualidade da água do Baixo São Francisco.

## **METODOLOGIA**

### *Captura dos animais*

Os animais avaliados foram capturados durante o período de 18 à 28 de novembro de 2019, nos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Penedo, Igreja Nova, Piaçabuçu, Porto Real do Colégio e Foz (Piaçabuçu). As atividades tiveram início no primeiro dia da II Expedição do baixo São Francisco, onde foi montado um local para coleta das amostras biológicas no próprio barco (Figura 1). Com um ciclo de captura e coleta de material biológico de dez dias, com as coletas sendo realizadas diariamente em dois momentos, no começo da manhã e final da tarde.

Os animais passaram por uma biometria, onde foi registrado peso, comprimento total e padrão (Figura 2). Os animais foram, mantidos em caixas com aeração e após a biometria foi realizada a retirada dos tecidos para análises.



**Figura 1.** Barco utilizado para realização das atividades da Expedição.



**Figura 2.** Coleta das amostras para análises.

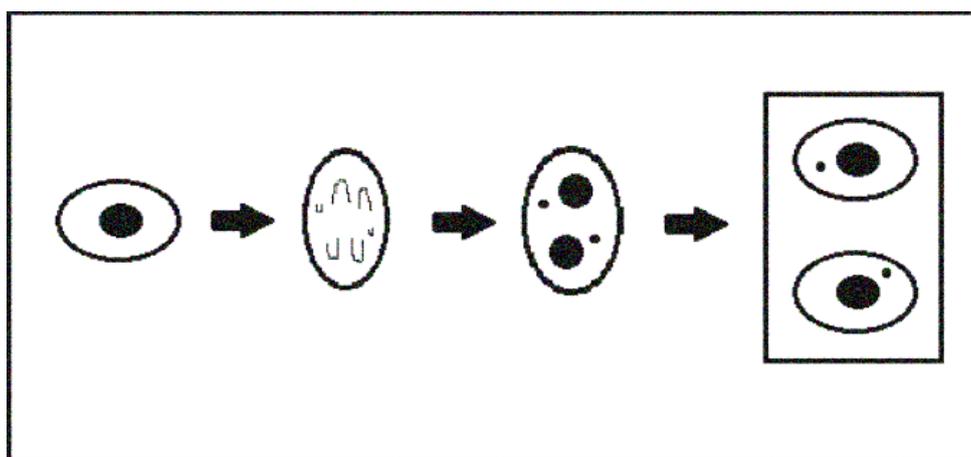
### *Micronúcleo e anormalidades*

A genotoxicidade (dano ao DNA) foi avaliada por meio da visualização de micronúcleos e anormalidades nucleares preparando esfregaços de sangue dos peixes.

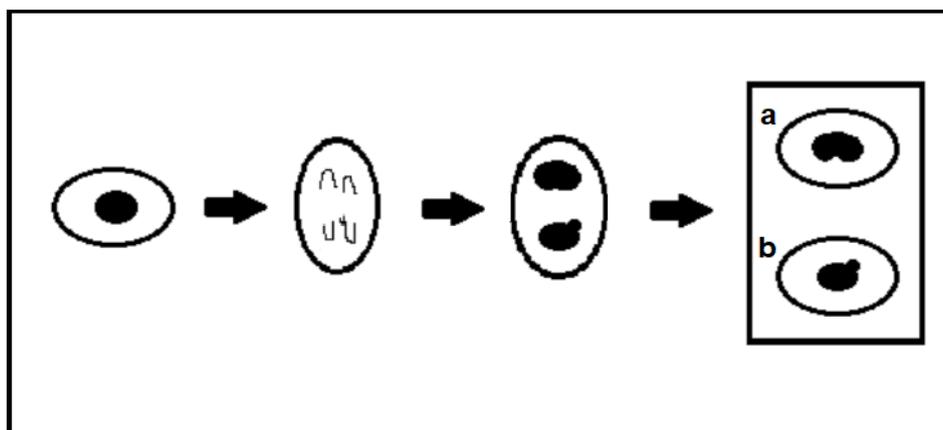
Os esfregaços foram preparados em lâminas de microscópio usando 10  $\mu$ L da solução de sangue/EDTA 10% por lâmina. A lâmina foi seca em temperatura ambiente, fixada em etanol absoluto durante 24 horas e corada com Giemsa 10% durante 10 minutos. Foram preparadas duas lâminas por indivíduo e os micronúcleos e anormalidades foram identificados (CARRASCO et al., 1990). A frequência de eritrócitos micronucleados (MNE) e de anormalidades foi calculada com a contagem de 1500 eritrócitos periféricos por lâmina utilizando microscópio (ampliação de 1000X).

Corpos de cromatina não refrativos, circulares ou ovoides, menores do que um terço do núcleo principal e apresentando o mesmo padrão de coloração e de focalização do núcleo principal, foram classificados como micronúcleos (AL-SABTI e MELCALFE, 1995) (Figura 3). As anormalidades nucleares observadas segundo a metodologia de Carrasco et al. (1990) foram *lobed*, *blebbed*, *notched*, *binucleated* e células em divisão (Figura 4). Essas anormalidades são alterações morfológicas e podem ser do tipo:

- *Notched*- leve evaginação do envelope nuclear;
- *Binucleated* - células apresentando dois núcleos de tamanhos similares;
- *Lobed* - núcleo com evaginação maior que *blebbed*, apresentando formato arredondado, como um lóbulo;
- *Blebbed* - núcleo com um corte no material genético;



**Figura 3.** Ilustração de micronúcleo em eritrócitos (Baseada nas descrições de CARRASCO et al. 1990; MATSUMOTO et al. 2006).



**Figura 4.** Ilustração de anormalidades *lobed* (a) e *blebbed* (b) (Baseada nas descrições de CARRASCO et al. 1990; MATSUMOTO et al. 2006).

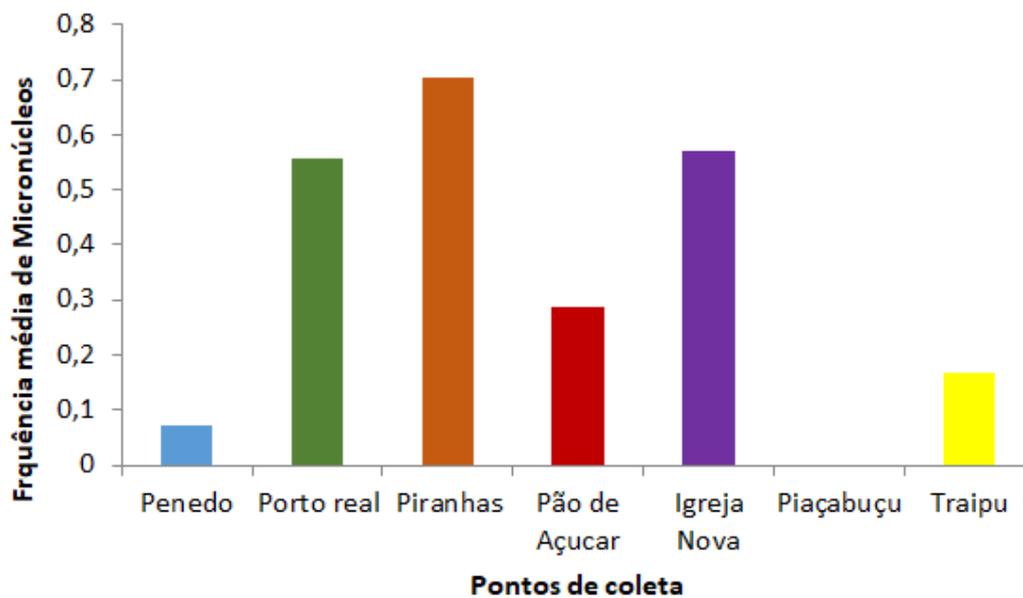
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram capturados indivíduos das espécies curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*), pacu (*Metynnis maculatus*), piauí branco (*Schizodon knerii*), piauí três pintas (*Megaleporinus obtusidens*), pirambeba (*Serrasalmus branditti*), piranha verdadeira (*Pygocentrus nattereri*), cascudo (*Hypostomus affinis*), tucunaré (*Cichla monoculus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), carapeba (*Eugerres brasiliensis*) e sargo (*Archosargus probatocephalus*).

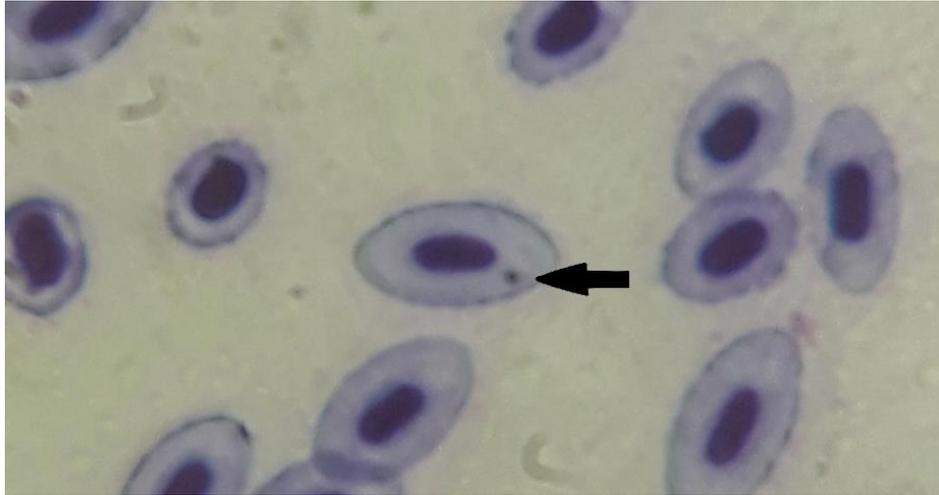
O teste de micronúcleos e anormalidades é uma técnica que pode ser utilizada em diversos tipos de populações celulares de forma rápida e simples (HAYASHI et al., 1998), sendo uma alternativa vantajosa para avaliar as diversas espécies do Rio São Francisco. É

uma técnica rápida, considerada barata e que gera excelente resultado quanto a possíveis alterações no material genético dos organismos analisados.

Observou-se a presença de micronúcleos em todos os pontos de coleta (Pão de Açúcar, Traipu, Penedo, Igreja Nova e Porto Real do Colégio), com exceção de Piaçabuçu, no qual não foram encontrados em nenhum indivíduo analisado (Figura 5). O ponto de Piranhas apresentou maior frequência de células micronucleadas, seguido de Igreja Nova e Porto Real do Colégio, mas não houve diferença significativa entre eles. Estudos realizados ao longo dos últimos anos mostram uma maior frequência de micronúcleos em peixes que estão em áreas próximas a plantações com risco de contaminação por agrotóxicos e pesticidas (KÖNEN & ÇAVAS et al., 2008; ÇAVAS, 2011).

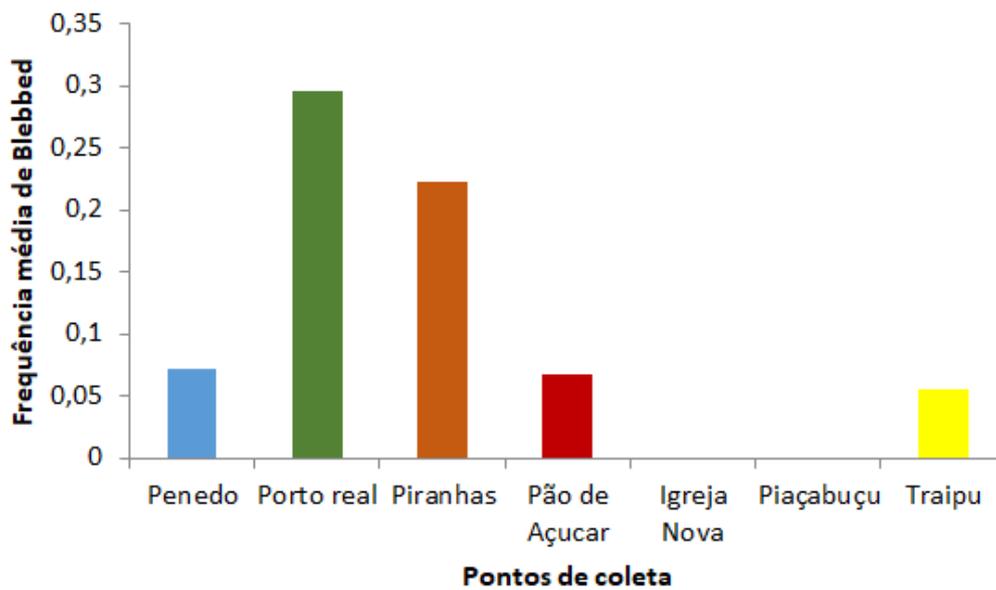


**Figura 5.** Frequência média de micronúcleos dos pontos de coleta da expedição.

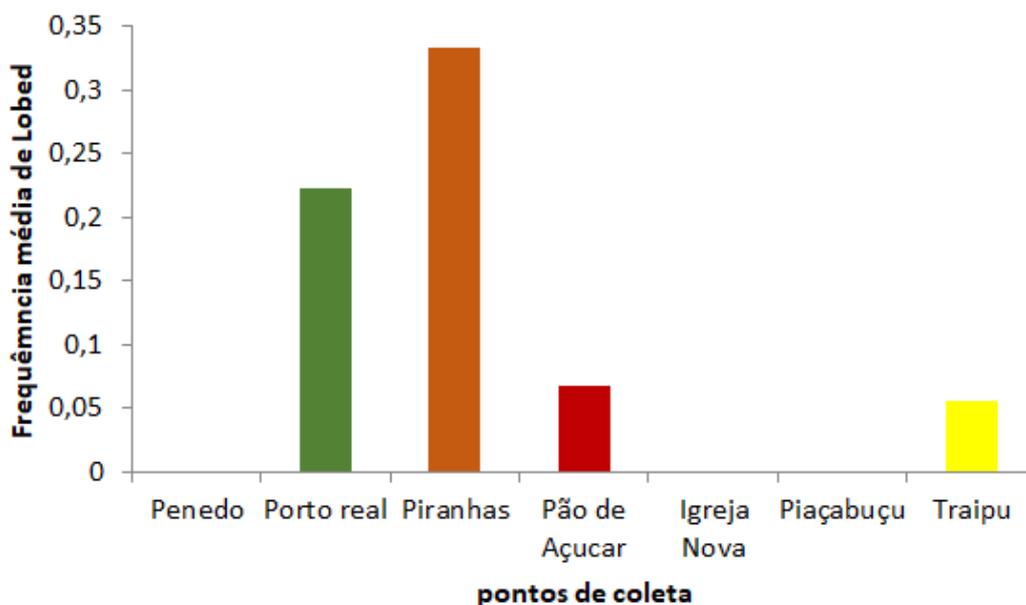


**Figura 6.** Micronúcleo observado em célula de pacu (*Metynnis maculatus*) capturado no ponto de Piranhas (1000x).

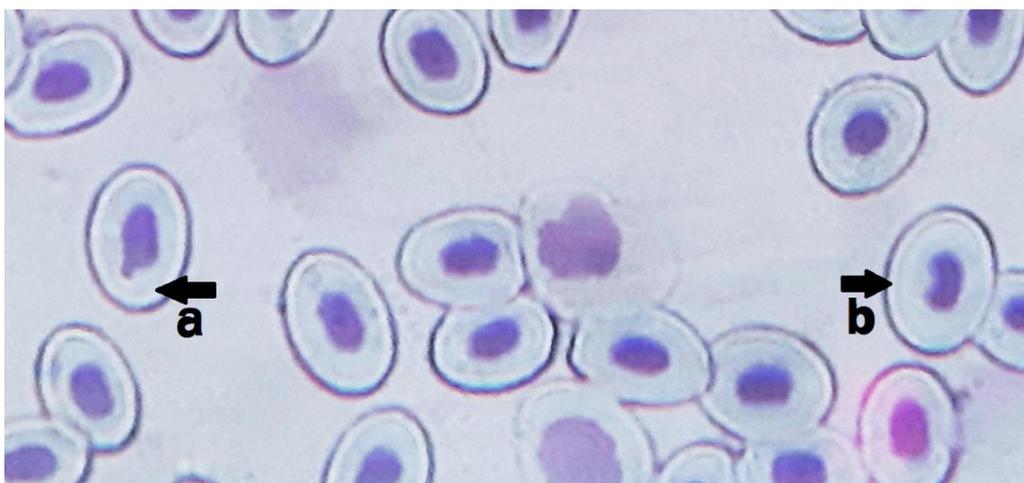
Na contagem de células com núcleo do tipo *blebbed* (Figura 9) o ponto que apresentou maior concentração desta anormalidade foi Porto Real do Colégio, enquanto Igreja Nova e Piaçabuçu não apresentaram a anormalidade nas células analisadas (Figura 7). Com relação às células tipo *lobed*, o ponto que apresentou maior concentração foi Piranhas, enquanto Igreja Nova e Piaçabuçu não apresentaram tal anormalidade (Figura 8).



**Figura 7.** Frequência média de *blebbed* dos pontos de coleta da expedição.

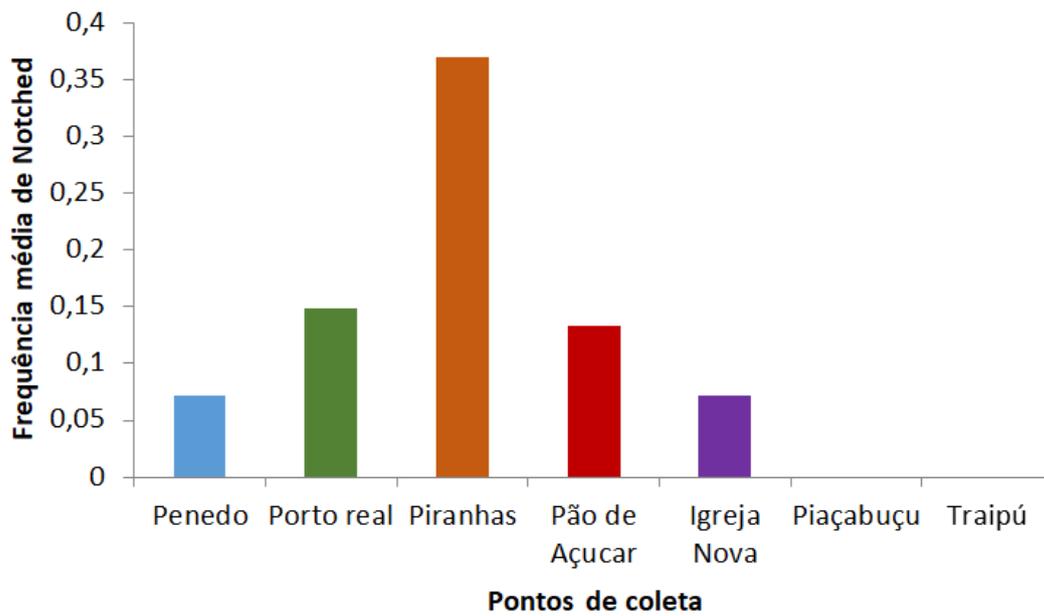


**Figura 8.** Frequência média de *lobed* dos pontos de coleta da expedição.

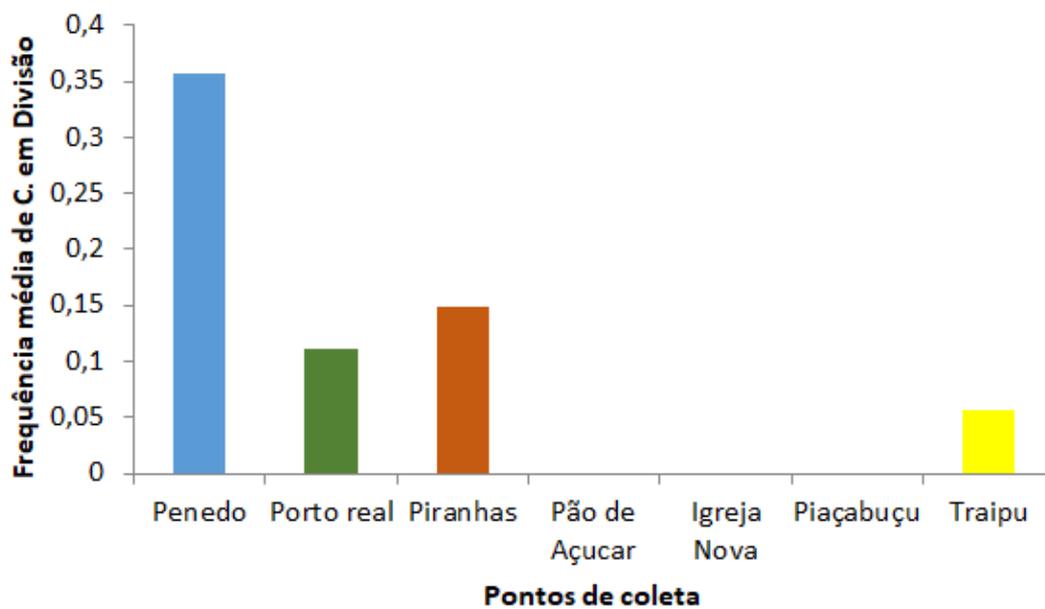


**Figura 9.** Anormalidades nucleares do tipo *blebbed* (a) e *lobed* (b) observado em célula de piau três pintas capturado em Pão de Açúcar (1000x).

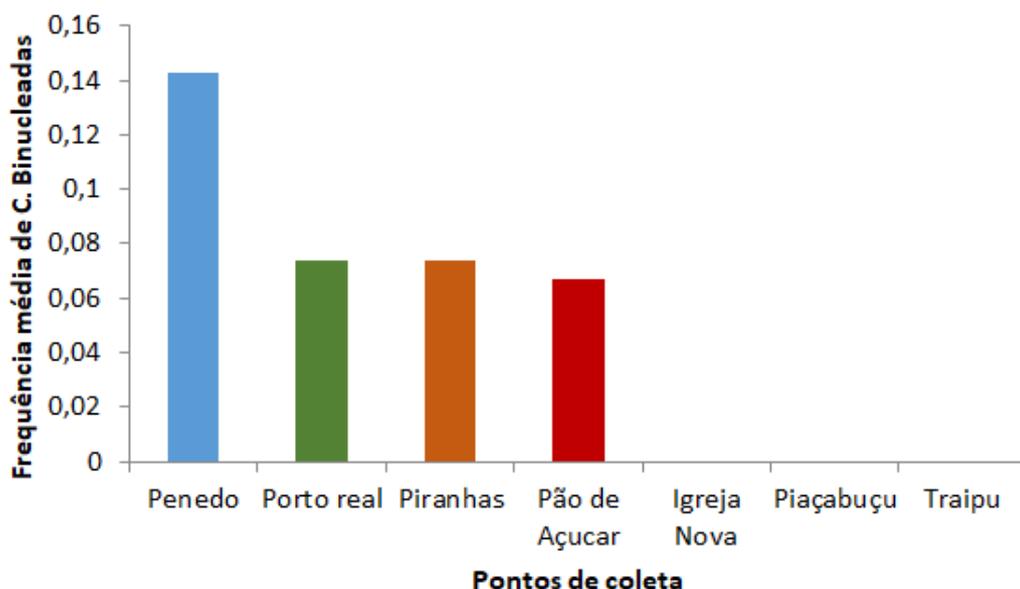
A frequência de células apresentando anormalidades do tipo *notched* (Figura 9) foi maior no município de Piranhas, não sendo encontradas nas células dos pontos de Piaçabuçu e Traipu (Figura 10). Células com núcleo em divisão foram mais frequentes no ponto de Penedo, não sendo encontradas em Pão de Açúcar, Igreja Nova e Piaçabuçu. Células com núcleos do tipo *binucleated* foram encontradas em maior quantidade no ponto Penedo, não sendo encontradas nos pontos de Igreja Nova, Piaçabuçu e Traipu.



**Figura 10.** Frequência média de *notched* dos pontos de coleta da expedição.

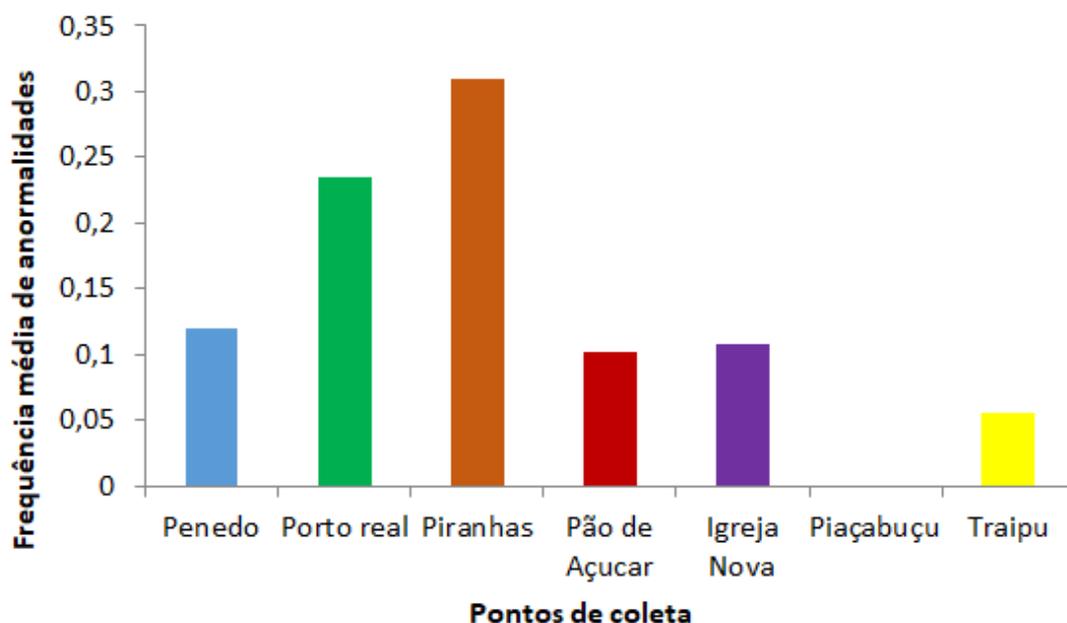


**Figura 11.** Frequência média de células em divisão dos pontos de coleta da expedição.



**Figura 12.** Frequência média de células *binucleated* dos pontos de coleta da expedição.

Em relação à frequência média total de anormalidades, o município de Piranhas apresentou uma maior quantidade de anormalidades, seguida de Porto Real do Colégio, mas não diferem significativamente (Figura 13). A anormalidade mais frequente encontrada foi o micronúcleo (Quadro 1). Martins et al. (2017), observaram em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) expostas a esgoto bruto e diluído de uma cidade do interior do estado de São Paulo uma grande quantidade de alterações nucleares em eritrócitos.



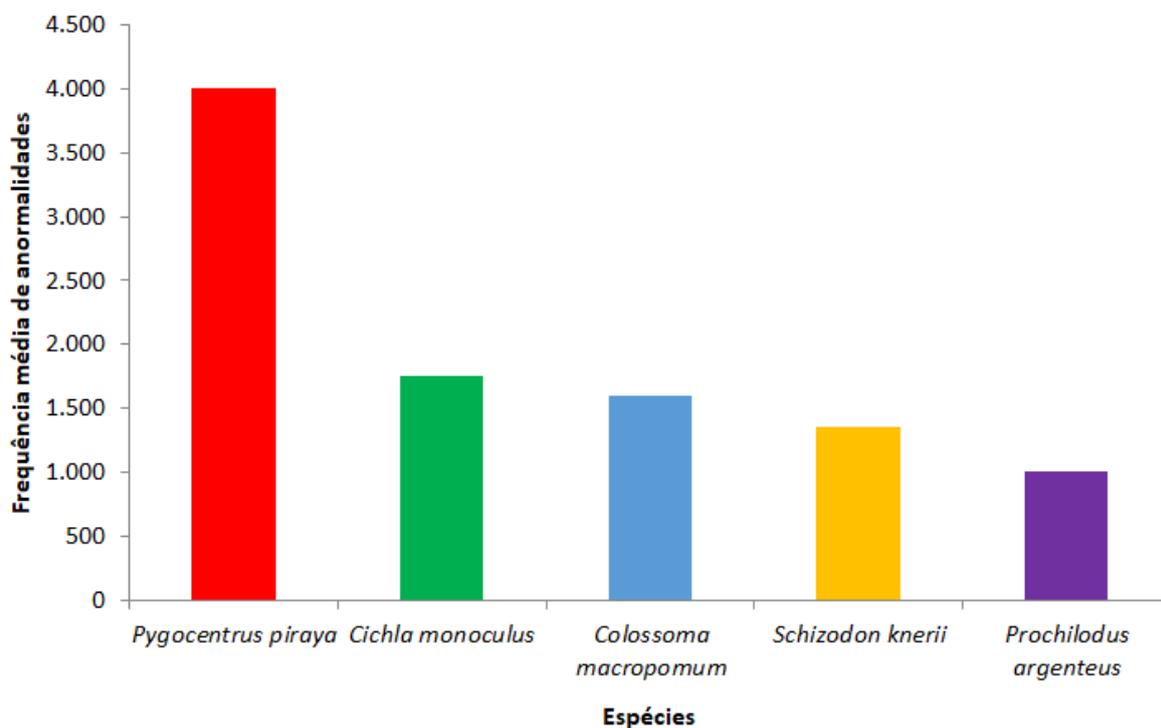
**Figura 13.** Frequência média de anormalidades dos pontos de coleta da expedição.

CIDADES/ PONTOS	MICRONÚCLEO	NOTCHED	LOBED	BLEBBED	BINUCLEATED	DIVISÃO
PENEDO	0,071 ± 0,133	0,071 ± 0,133	0 ± 0	0,071 ± 0,133	0,142 ± 0,244	0,347 ± 0,459
PORTO REAL DO COLÉGIO	0,555 ± 0,740	0,148 ± 0,263	0,222 ± 0,362	0,296 ± 0,482	0,074 ± 0,137	0,111 ± 0,205
PIRANHAS	0,703 ± 0,834	0,370 ± 0,549	0,333 0,543	0,222 ± 0,395	0,074 ± 0,137	0,148 ± 0,252
PÃO DE AÇUCAR	0,286 ± 0,449	0,133 ± 0,231	0,066 ± 0,124	0,066 ± 0,124	0,066 ± 0,124	0 ± 0
IGREJA NOVA	0,571 ± 0,734	0,071 ± 0,132	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
PIAÇABUÇU	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
TRAIPU	0,166 ± 0,278	0 ± 0	0,055 ± 0,104	0,055 ± 0,105	0 ± 0	0,055 ± 0,105

**Quadro 1.** Frequência média e desvio das anormalidades em seus respectivos pontos de coleta.

Com a presença de agentes químicos decorrentes do desague de esgoto doméstico, lixiviação de agrotóxicos e herbicidas, alterações ambientais de salinidade, temperatura e sedimentos interagindo, há por consequência, a combinação de substâncias e reações que podem causar alterações na biota aquática de tal ecossistema (AKAISHI et al, 2017), o que pode ser observado na maior presença de anormalidades em espécies capturados nas cidades com maior índice populacional.

Foi avaliada também a frequência de anormalidades por espécies capturadas. As espécies que apresentaram uma menor frequência de anormalidades foram piau três pintas (*Megaleporinus obtusidens*) e pirambeba (*Serrasalmus brandtii*). A piranha verdadeira, *Pygocentrus piraya*, apresentou uma maior frequência de anormalidades, não apresentando diferença significativa com relação ao tucunaré, *Cichla monoculus*, segundo o método LSD de Fisher a 95% de confiança (Figura 12). Ambas espécies apresentam hábito alimentar carnívoro e se encontram no topo da cadeia alimentar, estando assim expostas a biomagnificação, processo no qual há o aumento da concentração de substâncias em organismos vivos de acordo com a cadeia alimentar. O tucunaré apresenta também o hábito territorialista e dominante, com hábito voraz na busca por alimento (SAMPAIO et al., 2000; SOARES & ARAÚJO-LIMA, 2003) o que faz com que ele fique por mais tempo em um determinado local do rio, possibilitando uma maior exposição aos agentes nocivos. Enquanto a piranha é considerada um médio migrador. Os hábitos migratórios limitados de ambas espécies indicam mais um fator de maior exposição aos compostos nocivos, que pode ter causado a maior presença de anormalidades.



**Figura 14.** Frequência média de anormalidades por espécies segundo o método LSD de Fischer.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apontam possíveis mudanças na qualidade de água o que reflete na saúde dos organismos que ali vivem, como demonstrado pelo maior número de anormalidades nas cidades com maior concentração populacional à margem do rio, como Piranhas, Igreja Nova e Porto Real do Colégio, municípios que além da pesca e agricultura, possuem também o turismo (Piranhas) como fonte de geração de renda.

Com relação à 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. O que explica a diferença na frequência de anormalidades encontradas nos indivíduos piranha verdadeira (*P. piraya*) e tucunaré (*C. monoculus*), que são animais de hábito alimentar carnívoro, estando no topo da cadeia alimentar, sendo expostos ao processo de biomagnificação, causando uma maior exposição aos agentes nocivos e acúmulo de material residual, resultando em uma maior frequência de anormalidades nesses indivíduos.

Tais resultados geram uma preocupação com a saúde do Rio como um todo, mas principalmente com o estado dos organismos que ali vivem. Os danos aqui observados no material nuclear, podem de forma direta ou indireta impactar na manutenção e sobrevivência destas diferentes e importantes espécies (alguma endêmicas) em tal ecossistema.

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos sinceros agradecimentos aos pescadores (Rodrigo e Márcio) 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) e EMATER-AL, entre outras instituições que contribuíram de alguma forma para a realização deste projeto.

## **REFERÊNCIAS**

- AL-SABTI, K.; MERCALFE, C.D. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. **Mutation Research/Genetic Toxicology**. 343 (2-3): 121-135. 1995.
- AKAISHI, F.M.; ST-JEAN, S.D.; BISHAY, F.; CLARKE, J.; RABITTO, I.S.; RIBEIRO, C.A.O. Immunological responses, histopathological finding and disease resistance of blue mussel (*Mytilus edulis*) exposed to treated and untreated municipal wastewater. **Aquatic Toxicology**, v. 82, p. 1-14. 2007.
- 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.
- 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.
- ÇAVAS, T. In vivo genotoxicity evaluation of atrazine and atrazine-based herbicide on fish *Carassius auratus* using the micronucleus test and the Comet assay. **Food and Chem. Toxicol.**, v.49, p.1431–1435. 2011.
- DEL-GUERCIO, A.M.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; FONTANETTI, C. A. Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto doméstico pelo teste do micronúcleo em *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). **Eng. Sanit. Ambient.** Vol.22, nº6. Rio de Janeiro. Nov./Dec. 2017.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2007. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

- IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. 2018; Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- KONEN, S. & ÇAVAS, T. Genotoxicity testing of the herbicide trifluralin and its commercial formulation Treflan using the piscine micronucleus test. *Environ. Mol. Mutagen*, v. 6; p. 434–438. 2008.
- MATSUMOTO, S. T.; et al. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root-tips. **Genet. Mol. Biol.**, São Paulo, v. 29, n. 1, 148-158. 2006.
- OLIVEIRA, L. M. S. R. & SOUZA, J. M. (Des) Caminhos da pesca artesanal no submédio São Francisco. **Revista do desenvolvimento econômico**, Ano XII, Ed Esp. Bahia, 2010.
- 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.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; SILVA, R. C. S. Condicionamento alimentar no desempenho zootécnico do tucunaré. **Rev. Bras. Enga. Pesca** 2 (Esp.), set. 2007.
- SAMPAIO, M. A.; KUBTITZA, F.; CYRINO, P. E. Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agrícola**, v. 57, p. 13. 2000.
- SOARES, E. C. S & ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Influencia do tipo de alimento e da temperatura na evacuação gástrica da piranha caju (*Pygocentrus nattereri*) em condições experimentais. **Acta Amazônica**, v. 33, p. 145-156. 2003.



## **Identificação Morfológica de Microparasitas da Fauna Aquática do Baixo São Francisco**

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>; Themis de Jesus da Silva<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>*Graduandos em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas.*

<sup>2</sup>*Mestre em Zootecnia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas.*

<sup>3</sup>*Professor do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas.*

<sup>4</sup>*Professora do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas - Laboratório de Aquicultura e Análise de Águas*

### **RESUMO**

A região do Baixo Rio São Francisco tem aproximadamente 214 km, nesta região são exercidas diversas atividades econômicas, a maioria ligada à agricultura e pesca. A degradação ambiental desta região pode afetar o sistema imunológico dos organismos aquáticos e favorecer o aparecimento de microparasitas, entre os quais, espécies do gênero *Calyptospora*. Durante a II Expedição Científica foram capturadas diversas espécies de peixes, entre eles seis tucunarés, que após a biometria foram dissecados e os órgãos comumente infectados por microparasitas passaram por uma análise a fresco. Os microparasitas do gênero *Calyptospora* foram observados no tecido hepático e vesícula biliar, dispostos em pequenos aglomerados ou isolados. A identificação morfológica foi possível através da observação dos vacúolos parasitóforos com quatro esporocistos no centro em formato elipsoidal. Desta forma, é importante conhecer os microparasitas que infectam as espécies que habitam o Baixo São Francisco e avaliar os impactos causados pelos mesmos.

**Palavras chave:** Apicomplexa, *Calyptospora*, microparasitas, tucunaré.

## INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco é um dos rios mais importantes do Brasil, possui grande relevância socioeconômica para o país, segundo o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco CBHSF (2014) o mesmo possui 2.700 km de extensão, nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, chegando ao Oceano Atlântico entre a divisa de Alagoas e Sergipe. É dividido em alto, médio, submédio e baixo. De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos (2006), a região do Baixo São Francisco (BSF) tem aproximadamente 214 km de extensão, passando por 86 municípios, tem início a partir do município de Paulo Afonso (BA) passa por todo estado de Alagoas e Sergipe até os municípios de Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE), onde está localizada sua foz.

Nas últimas décadas o BSF vem enfrentando diversas problemáticas, que afetam diretamente os organismos aquáticos, de acordo com o CBHSF (2016) o rio vem sofrendo degradações que levam a sérios impactos ambientais, o desmatamento para as monoculturas compromete a bacia e contribui para o assoreamento, a poluição urbana, industrial, minerária e agrícola, o uso de agrotóxico em lavouras próximas ao rio, e a construção de barragens e hidrelétricas que realocam comunidades inteiras e que impedem os ciclos naturais do rio. Além desses fatores, a pesca predatória e a introdução de peixes exóticos também contribuem para ocorrência de desequilíbrios ambientais do rio.

O tucunará (*Cichla monoculus*) é um peixe exótico do BSF, introduzido pelo homem. Segundo Santos et al. (2001), é um peixe natural da Bacia Amazônica e representa o principal grupo de peixes piscívoros da família *Cichlidae* na América do Sul. O tucunará (*C. monoculus*) é uma espécie sedentária adaptada a ambientes lênticos, e um predador com hábitos diurnos e se alimenta preferencialmente de peixes, crustáceos, e eventualmente insetos (MÜLLER, 2008),

A poluição que assola os rios atinge diretamente a sanidade e o bem estar dos pescados. Segundo Eiras (1994), a elevação da poluição nas águas pode estar relacionada com aumento da frequência de animais atingidos por microparasitas.

Os pescados atingidos por microparasitas tendem a sofrer grande estresse no ambiente, diminuindo sua expectativa de vida. Os parasitos também possuem uma relevância econômica

que não consiste apenas em seu caráter letal, muitas vezes as parasitoses têm outras consequências importantes, que não são tão evidentes, como a diminuição da eficiência de assimilação de alimento, da taxa de crescimento e diminuição do valor do produto final para a comercialização (EIRAS, 1994). Espécies do gênero *Calyptospora* são microparasitas de peixes pertencentes ao Filo Apicomplexa, os microparasitas deste gênero têm como hospedeiro definitivo os peixes, onde parasitam principalmente o parênquima hepático. Apenas cinco espécies foram descritas na literatura, sendo que três delas ocorrem em pescados de água doce do Brasil (WHIPPS et al., 2012).

Os oocistos de *Calyptospora* sp., quando observados em microscopia de luz (ML), formam vacúolos parasitóforos com quatro esporocistos, cada um contendo em seu interior dois esporozoítos. Em muitos casos, são observadas células iniciais do ciclo de vida ou já formando vacúolos parasitóforos, quando se encontram diferentes fases do ciclo de vida, variando a forma dos esporocistos, de arredondada a elipsoide (AZEVEDO; MATOS; MATOS, 1995).

A II Expedição Científica do Rio São Francisco, abrangeu desde o município de Piranhas até a sua foz em Piaçabuçu (AL) e Brejo Grande (SE). Nesta região são exercidas diversas atividades que movimentam a economia de muitas famílias ribeirinhas que dependem do rio para sobreviver, dando destaque para atividades como a pesca, agricultura familiar, turismo e monoculturas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar peixes economicamente importantes e identificar morfológicamente microparasitas da fauna aquática do Baixo Rio São Francisco e avaliar os possíveis impactos causados pelos mesmos.

## **METODOLOGIA**

As coletas foram realizadas durante a II Expedição do Baixo Rio São Francisco (Autorização ICMBio – MMA – 56475-10), no período de 18 a 28 de novembro de 2019, 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 1).

Com o auxílio de pescadores, foram coletadas várias espécies entre as quais seis tucunarés (*C. monoculus*), todos foram examinados em busca de microparasitas. Os animais passaram por biometria, onde foram pesados e medidos (comprimento total e padrão) (Figura 2).

Após a biometria os peixes foram observados em lupa estereoscópica para ver sinais de cistos ou descoloração de algum órgão e depois dissecados. Foram retirados pequenos fragmentos (cerca de 3 mm) de tecidos e/ou órgãos, entre os quais brânquias, fígado, vesícula biliar, músculo. Cada fragmento foi colocado em lâmina histológica, 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 de vidro, que é colocada por cima da lâmina.



**Figura 1.** Embarcação usada nas atividades da expedição no baixo São Francisco.



**Figura 2.** Local de coleta de dados e de retirada de material dos peixes, para análise.

Depois de preparadas as lâminas foram observadas e foi realizada a análise a fresco em microscópio óptico. Quando observado a presença de microparasitas foram realizados registros fotográficos (1000x) (Figura 3).



**Figura 3.** Análise a fresco de fragmentos de órgãos, observados em microscópio

## RESULTADOS

As características morfológicas dos achados observados no microscópio óptico sugerem que os microparasitas encontrados sejam do gênero *Calyptospora*, os mesmos foram encontrados em espécimes de tucunaré (*C. monoculus*), peixe exótico do BSF. Foram capturados seis exemplares de tucunarés (*C. monoculus*), sendo um capturado no ponto de Porto Real do Colégio, dois em Piranhas, e três em Traipu. Destes espécimes capturados, todos foram analisados, e cinco apresentaram microparasitas do gênero *Calyptospora*, uma prevalência de 83,33%. Os órgãos acometidos pelos microparasitas foram vesícula biliar e fígado.

A partir de análises post-mortem dos pescados, foi possível observar com auxílio da lupa uma tonalidade mais clara em parte do fígado de alguns indivíduos coletados (três dos

cincos infectados), fator que pode ser um indício de infestação por microparasitas, de acordo com estudos realizados por Lom et al. (1992). No microscópio óptico foi realizada a visualização e confirmação da presença dos mesmos, os microparasitas foram encontrados no tecido hepático, na vesicular biliar e na bile, estavam dispostos em pequenos aglomerados ou isolados (Figura 4).

A identificação dos microparasitas do gênero *Calypsozona*, foi realizada através da visualização dos vacúolos parasitóforos, com sua morfologia esférica e dentro deste os quatro esporocistos (Figura 5). Segundo Eiras et al. (2006), os esporocistos são responsáveis pela liberação dos esporozoítos vermiformes, essa liberação assegura a contaminação de novos hospedeiros. Nossos achados são semelhantes aos descritos por Azevedo et al. (1993) e Casal et al. (2007).

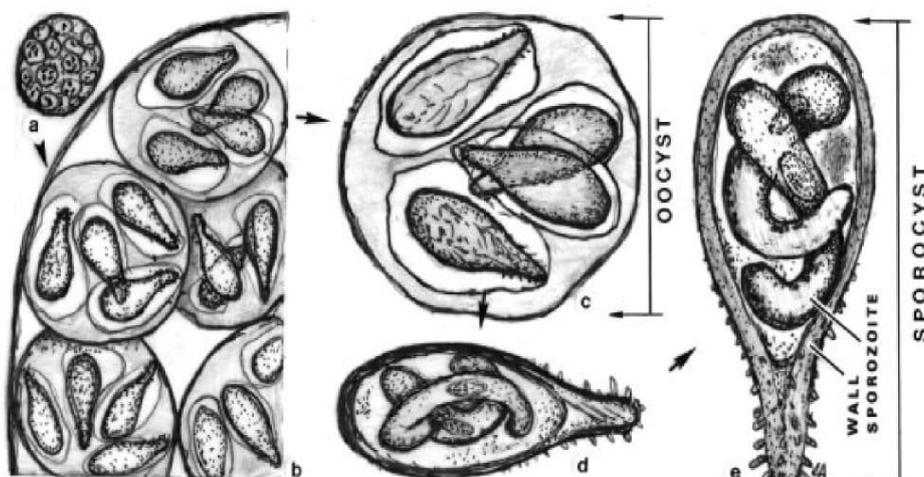


**Figura 4.** Aglomerado de oocistos do gênero *Calypsozona*, parasitando o tecido hepático do tucunaré (*Cichla monoculus* (1000x).



**Figura 5.** Observação a fresco em microscópio óptico (1000x), de oocistos do gênero *Calyptospora* isolados, contendo quatro esporocistos (seta), parasitando vesícula biliar de tucunaré (*Cichla monoculus*).

Achado semelhante foi descrito em estudo feito por Casal et al. (2007), nas espécies *Serrasalmus striolatus* e *Serrasalmus rhombeus*, coletadas no estuário do rio Amazonas (PA) e na lagoa Dois Irmãos (PE), respectivamente, onde foi descrito o microparasita da espécie *Calyptospora serrasalmi*. Como nos descritos aqui estes encontravam-se em vários estágios do ciclo de vida, os oocistos maduros formavam grupos encapsulados que variaram de tamanho e ocorreram em áreas limitadas.



**Figura 6.** Desenho esquemático da organização morfológica de um grupo de oocistos (a e b). Um oocisto com quatro esporocistos (c). Esporocistos contendo cada um, dois esporozoítos (d e e). Fonte: (CASAL et al., 2007).

Estudo realizado por Velasco et al. (2012), no rio Tocantins, apontou resultados semelhantes, oocistos pertencentes ao gênero *Calyptospora sp.*, parasitando o fígado de espécimes de tucunaré (*C. monoculus*), que apresentava regiões de coloração diferenciada, ocupando grandes áreas do órgão.

Békési e Molnár (1991), em inspeção de rotina em reservatórios do Nordeste brasileiro identificaram a presença de infecção coccidiana grave por *Calyptospora tucunarensis* em espécimes de traíra (*Hoplias malabaricus*) e tucunaré (*C. monoculus*), o material analisado indicou degeneração severa e cor amarelada do fígado, que continham massas de oocistos em focos e tamanhos variados. Estes autores sugeriram que os coccídios ocorrem frequentemente em peixes do continente Sul-americano.

Azevedo; Matos; Matos (1993) descreveram a morfologia de *Calyptospora spinosa*, pela primeira vez na literatura, os microparasitas foram encontrados em espécimes adultas de *Crenicichla lepidota* no rio Amazonas (PA). Os oocistos foram encontrados agrupados nos tecidos do fígado, testículos e ovário, foram encontradas infecções severas no tecido hepático do hospedeiro, causando hipertrofia e destruição nuclear e citoplasmática.

Segundo Fournie et al. (2000), o modo de transmissão de microparasitas do gênero *Calyptospora*, ainda não é bem conhecido, mas a infecção por ingestão tem sido sugerida como sendo a via mais provável de contaminação. Desta forma é importante continuar o estudo de microparasitas no baixo São Francisco, pois os mesmos podem atingir espécies endêmicas e economicamente importantes do rio e comprometer a sobrevivências de tais espécies.

## **CONCLUSÃO**

A presença de microparasitas do gênero *Calyptospora* em tucunaré (*Cichla monoculus*) no BSF pode estar relacionada com algum tipo de desequilíbrio ambiental, como a poluição que atinge a bacia hidrográfica do Rio São Francisco.

O presente trabalho é de grande importância, pois, foi o primeiro registro deste microparásita em um peixe do BSF, mesmo que exótico. Assim é necessário entender quais impactos tais microparasitas têm sobre a saúde dos peixes, seu comportamento, ciclo de vida, e conseqüentemente, o impacto para as pessoas que vivem da pesca.

Com tal registro existe a necessidade de aprofundar os estudos e análises nesta linha, com a finalidade de conhecermos qual espécie de *Calyptospora* está infectando peixes do São Francisco. Existe uma pergunta a ser respondida. Estes são da mesma espécie que infectam os tucunarés da bacia Amazônica?

## AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos aos pescadores (Rodrigo e Márcio) 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) e EMATER-AL, entre outras instituições que contribuíram de alguma forma para a realização deste projeto.

## REFERÊNCIAS

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.

AZEVEDO, C.; MATOS, P.; MATOS, E. Morphological Data of *Calyptospora spinosa* n. sp. (Apicomplexa, Calyptosporidae) Parasite of *Crenicichla lepidota* HEKEL, 1840 (Teleostei) from Amazon River. **European Journal of Protistology**. 29, 171-175. 1993.

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.

CASAL, C.; PADOVAN, I.; MATOS, E.; PADOVAN, P.; MATOS, P.; GUIMARÃES, A.; AZEVEDO, C. Morphological and ultrastructural redescription of *Calyptospora serrasalmi cheung, nigrelli & ruggieri*, 1986 (Apicomplexa: Calyptosporidae), a parasite found in two new host species of the genus *serrasalmus*. **Braz. J. morphol. Sci.** 2007 24(1), 11-16. Porto, Portugal

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. A Bacia. **CBHSF**. 2014. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 28 de abril de 2020.

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 2020.

EIRAS, J. C. Elementos de Ictioparasitologia. **Fundação Engenheiro Antônio de Almeida**. Porto, 1994.

EIRAS J. C.; TAKEMOTO R. M.; PAVANELLI G. C. Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes. **Eduem**. 171-171 Maringá 2006

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

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.

LOM, J.; DYKOVÁ, I. Protozoan parasites of fishes. **Elsevier**: New York, 1992.

MÜLLER, M. I. Fauna helmintológica das espécies amazônicas de peixes (*Cichla monoculus* e *Brycon amazonicus*) introduzidas nas lagoas da Fazenda Rio Claro das Pedras, Campinas, SP/. **MARIA ISABEL MÜLLER**, Campinas, SP; (s.n), 2008.

SANTOS, L. N.; GONZALEZ, A. F.; ARAÚJO, F. G. Dieta do tucunaré-amarelo *Cichla monoculus* (Bloch & Schneider) (*Osteichthyes*, *Cichlidae*), no Reservatório de Lajes, **Revista Brasileira de Zoologia**. Rio de Janeiro, Brasil. 18: 191, 204. 2001

VELASCO, M.; VIDEIRA, M.; MATOS, P.; CLEMENTE, C. S.; SANCHES, O.; MATOS, E. Morfologia e nova ocorrência de um coccídeo hepatopancreático parasita de peixe amazônico. **Revista de Ciências agrárias**, v. 55, n. 3, p. 231-235, jul./set. 2012

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.



## **Níveis dos Metais mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês e do metaloide arsênio em Músculo de Peixes do Baixo São Francisco.**

Carlos A. da Silva<sup>1</sup>, Hortência L. P. de Santana<sup>2</sup>, Silvânio S. L. da Costa<sup>2</sup>, Carlos Alexandre B. Garcia<sup>2</sup>, Marcus Soares Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe;*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Sergipe, Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental, São Cristóvão, Sergipe.*

### **RESUMO**

Os pescados possuem características nutritivas, além de serem apreciados e constituírem parte importante da dieta de grande parte das populações costeiras e ribeirinhas. O objetivo desse estudo foi determinar e qualificar as concentrações dos metais mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês e do metaloide arsênio encontradas nos músculos dos peixes capturados durante a Expedição Científica do baixo rio São Francisco tomando-se como base os Limites Máximos de Tolerância (LMT). Foram capturadas 15 espécies de peixes por pescadores locais. A determinação da concentração de mercúrio total foi por espectrofotometria de absorção atômica utilizando-se o analisador direto de mercúrio. A determinação quantitativa dos demais elementos, foi por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. A concentração média de arsênio nos peixes foi de  $0,17 \pm 0,04$  mg/kg, abaixo do LMT de 1,0 mg/kg para o arsênio. A concentração média de zinco foi de  $6,01 \pm 0,42$  mg/kg, portanto nenhuma das espécies analisadas no presente estudo apresentaram níveis de zinco acima do LMT de 50 mg/kg. A concentração média de cromo no presente estudo foi de  $0,45 \pm 0,06$  mg/kg, sendo que todas as espécies avaliadas apresentaram concentrações médias de cromo superiores ao LMT de 0,1 mg/kg. A concentração média de manganês foi de  $0,75 \pm 0,15$  mg/kg e a média geral da concentração de ferro nas espécies avaliadas foi de  $9,64 \pm 0,81$  mg/kg, contudo não há na legislação brasileira limites máximos em pescado prescritos para esse Fe e Mn. A concentração média de cobre encontrado nos peixes foi de  $0,38 \pm 0,09$  mg/kg, os peixes avaliados nesse estudo apresentaram teores de cobre inferiores ao LMT de 30 mg/kg. A concentração média de mercúrio total nos peixes foi de  $0,08 \pm 0,01$  mg/Kg, todavia nenhuma das espécies de peixes analisadas apresentaram concentração de Hg acima do LMT estabelecido pela legislação brasileira de 0,5 mg/Kg. O chumbo não foi detectado em sete das espécies analisadas, adicionalmente, nenhuma das espécies de peixes avaliadas no Baixo São Francisco registraram concentrações de chumbo acima do LMT de 0,3 mg/kg. Todos os exemplares de peixes analisados apresentaram níveis de cádmio abaixo do limite de detecção de 0,023 mg/kg. Os metais e o metaloide arsênio presentes nos peixes capturados no baixo São Francisco apresentaram as concentrações médias na seguinte ordem decrescente: Fe > Zn > Mn > Cu > As > Hg > Cr > Pb > Cd.

**Palavras chave:** LMT, risco à saúde.

## INTRODUÇÃO

A ingestão de alimentos ricos em nutrientes é um passo fundamental para manter uma vida saudável. Os pescados possuem características nutritivas, além de serem apreciados e constituírem parte importante da dieta de grande parte das populações costeiras e ribeirinhas.

A carne de peixe é rica em aminoácidos essenciais, vitaminas, micro e macroelementos, e ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa n-3 como o ácido docosahexaenóico (DHA) e o ácido eicosapentaenóico (EPA), e também é baixo em colesterol (GUIL-GUERRERO; VENEGAS-VENEGAS; RINCON-CERVERA, 2011). Estas características conferem à carne de peixe a vantagem de se qualificar como um dos alimentos mais saudáveis (STORELLI 2008; AFONSO et al., 2013; FARRUGIA et al., 2015); seu consumo é benéfico para o crescimento e desenvolvimento neurológico e reduz o risco de acidente vascular cerebral e a incidência de doenças cardiovasculares, ao mesmo tempo que melhora a resposta imune (AMIGÓ et al., 2020; HE 2009; POHLENZ e GATLIN, 2014). Em contraste com as vantagens dietéticas dos peixes, no entanto, o risco potencial de exposição a contaminantes químicos contidos no peixe também devem ser considerados, ao avaliar a influência deste alimento na saúde humana (BOSCH et al. 2016).

Dentre estes, os elementos potencialmente tóxicos se destacam devido à capacidade de acumular nos tecidos dos organismos aquáticos e a possibilidade de atingir humanos por meio da cadeia trófica causando efeitos perigosos à saúde humana. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é a responsável pela fiscalização de contaminantes em alimentos por meio dos Limites Máximos de Tolerância (LMT) para contaminantes inorgânicos publicados pela Resolução ANVISA Nº 42 de 29 de agosto de 2013 (ANVISA, 2013). Os valores do LMT para metais em peixe são: cádmio 0,05 mg/kg e 0,3 mg/kg dependendo da espécie; chumbo 0,3 mg/kg para todas as espécies e mercúrio 0,5 mg/kg para peixes não carnívoros e 1, 0 mg/kg para carnívoros, e para o metaloide arsênio 1,0 mg/kg.

O conhecimento sobre o potencial risco do consumo de peixes que possam apresentar teores de arsênio, cádmio e chumbo 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. Apesar das incertezas do risco/benefício, a demanda por produtos pesqueiros está aumentando em todo o mundo enquanto os desembarques de pescado capturados permanecem estáveis (FAO, 2020). O objetivo desse estudo foi determinar e qualificar as concentrações dos metais mercúrio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês e do metalóide arsênio encontradas

nos músculos dos peixes capturados durante a Expedição Científica Velho Chico tomando-se como base os Limites Máximos de Tolerância.

### Área de estudo e metodologia

A área de estudo localiza-se na região do Baixo São Francisco (BSF) entre os estados de Sergipe e Alagoas. O estudo abrangeu os municípios alagoanos de Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo, Neópolis e Piaçabuçu e o município sergipano de Brejo Grande, percorrendo um trajeto por hidrovia de cerca de 140 km em setembro de 2018. As 15 (quinze) espécies de peixes (Tabela 1) totalizando 41 (quarenta e um) exemplares foram capturadas durante a I Expedição Científica em outubro de 2018 por 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 estações georreferenciadas no Baixo São Francisco.

Na II Expedição Científica realizada em novembro de 2019, foram processadas 22 (vinte e duas) espécies de peixes totalizando 77 (setenta e sete) exemplares. As amostras foram submetidas ao processo de digestão conforme metodologia apresentada e os extratos encontram-se conservados a 4°C aguardando análise. Os níveis dos metais nos peixes capturados na II Expedição não puderam ser quantificados e os resultados incluídos neste relatório devido ao evento da pandemia da Covid-19 que impõe restrições de distanciamento social com o fechamento dos laboratórios e desligamento dos equipamentos, além do regime de teletrabalho do pessoal técnico envolvido nas análises.

**Tabela 1.** Classificação, habitat, hábito alimentar das espécies de peixes estudadas na I Expedição Científica do Baixo São Francisco.

Nome vulgar	N	Família	Nome científico	Habitat	Hábito alimentar
<b>Bagre</b>	1	Ariidae	<i>Cathorops agassizii</i>	Bentônico	Onívoro
<b>Baiacu</b>	1	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	Pelágico	Carnívoro
<b>Carapeba</b>	3	Gerreidae	<i>Eugerres brasilianus</i>	Demersal	Carnívoro
<b>Curimatã</b>	1	Prochilodontidae	<i>Prochilodus argenteus</i>	Bentônico	Detritívoro
<b>pacu</b>	7	Serrasalminidae	<i>Metynnis maculatus</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Piau branco</b>	2	Anastomidae	<i>Schizodon knerii</i>	Bentopelágico	Onívoro

<b>Piau pintado</b>	3	Anastomidae	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Pirambeba</b>	3	Serrasalmidae	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Bentopelágico	Carnívoro
<b>Piranha vermelha</b>	1	Serrasalmidae	<i>Pygocentrus piraya</i>	Pelágico	Carnívoro
<b>Robalo</b>	4	Centropomidae	<i>Centropomus parallelus</i>	Demersal	Piscívoro, carnívoro
<b>Sargo</b>	2	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i>	Associado a recifes	Carnívoro
<b>Tilápia</b>	3	Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Bentopelágico	Onívoro
<b>Traíra</b>	2	Erythrinidae	<i>Hoplias microcephalus</i>	Bentopelágico	Piscívoro
<b>Tucunaré</b>	6	Cichlidae	<i>Cichla monoculus</i>	Bentopelágico	Piscívoro,
<b>Xareú</b>	1	Carangidae	<i>Caranx latus</i>	Associado a recifes	Carnívoro

N = número de exemplares

Os peixes foram identificados de acordo com Bristski et al. (1988), Barbosa et al. (2017) e Lessa e Nóbrega (2000). Imediatamente à captura, amostras de músculo dos pescados foram obtidas a bordo com a retirada de porções da musculatura da região latero-dorsal somando cerca de 30 g a 150 g dependendo do tamanho do peixe para análise de metais e, posteriormente, foram transportadas refrigeradas em caixas térmicas até o Laboratório de Estudos e Impactos Ambientais (LabEIA) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju, SE. Todo o material biológico foi acondicionado em recipientes plásticos previamente imersos em banho ácido de HNO<sub>3</sub> 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água Mili-Q (18 µΩ), devidamente identificado e estocado em temperaturas abaixo de -15 °C em freezer até o momento da liofilização. Previamente a liofilização, as amostras foram mantidas em ultra freezer a -80 °C para acelerar esse processo. As amostras congeladas foram liofilizadas por 48 horas utilizando um liofilizador Liotop modelo L101, vácuo final de 3,7 µHg e posteriormente armazenadas em freezer a -15°C. Em seguida, foram trituradas em um processador doméstico para obter amostras homogêneas. Entre cada trituração, o processador foi lavado com solução de ácido nítrico a 10% v/v e em seguida com água Mili-Q (18 µΩ) para evitar contaminações cruzadas entre amostras.

A determinação da concentração de mercúrio total foi por espectrofotometria 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). Todas as análises de Hg foram realizadas em triplicata no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias da CODEVASF.

No processo de digestão das amostras para análise de arsênio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, cromo, ferro e manganês foi utilizado cerca de 0,40 g de músculo liofilizado pesado diretamente nos tubos de digestão e, em seguida, adicionado 10 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) na concentração de 7 M e 2 mL de peróxido de hidrogênio 30% v/v (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Merk, EMSURE®) conforme metodologia adaptada de Jarić et al. (2011). O ácido nítrico PA foi bidestilado em um purificador de ácido Milestone modelo Duo-Pur. Na digestão das amostras foi utilizado um micro-ondas Mars na potência de 1.500 W por 40 minutos. Em seguida, as amostras digeridas foram avolumadas para 15 mL com água Milli-Q Gehaka modelo Master All (1,47 μΩ.cm) e conservadas a 4 °C até serem analisadas. A determinação quantitativa dos metais, exceto o Hg, foi por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, Thermo, Alemanha) no Laboratório de Tecnologia e Monitoramento Ambiental, da Universidade Federal de Sergipe. Na validação dos métodos analíticos foram utilizados os materiais de referência certificados de tecido de peixe NIST-1566b e DORM-4, com base nos valores de recuperação dos analitos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à precisão e exatidão do método analítico, os valores de recuperação dos analitos encontram-se dentro da faixa de 85% a 117% aceitável para a análise de elementos traços (Tabela 2).

**Tabela 2.** Recuperação percentual nos materiais de referência e limite de detecção dos metais e metalóide (n= 3).

<i>Elemento</i>	<i>Recuperação</i>	<i>Limite de Detecção</i>
	(%)	(mg/kg)
<b>Hg</b>	<b>99,86</b>	<b>0,013</b>
<b>As</b>	<b>102,2</b>	<b>0,019</b>
<b>Cd</b>	<b>97,8</b>	<b>0,006</b>
<b>Pb</b>	<b>97,8</b>	<b>0,023</b>
<b>Cu</b>	<b>99,0</b>	<b>0,23</b>

<b>Fe</b>	<b>116,7</b>	<b>4,21</b>
<b>Mn</b>	<b>85,8</b>	<b>0,43</b>

No cálculo das concentrações médias dos elementos foram consideradas dez espécies de peixes (Tabela 3), sendo excluídas as cinco espécies que apresentaram um único exemplar nas amostras. Os valores estão representados em base úmida (mg/kg) para fins de comparação com os valores publicados pela legislação brasileira.

**Tabela 3.** Concentrações médias  $\pm$  desvio padrão dos metais e metalóide (mg/kg peso úmido) em dez espécies de peixes capturados na I Expedição Científica do Baixo São Francisco.

Espécies	Mercúrio	Arsênio	Cádmio	Chumbo	Zinco	Cobre	Cromo	Ferro	Manganês
<b>Carapeba</b>	0,16 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,01	< LD	< LD	6,99 $\pm$ 1,09	0,34 $\pm$ 0,04	1,25 $\pm$ 0,09	18,41 $\pm$ 1,02	< LD
<b>Pacu</b>	0,06 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,02	< LD	0,03 $\pm$ 0,01	6,30 $\pm$ 0,51	0,41 $\pm$ 0,04	0,73 $\pm$ 0,08	12,95 $\pm$ 0,20	0,99 $\pm$ 0,20
<b>Piau branco</b>	0,03 $\pm$ 0,005	0,06 $\pm$ 0,005	< LD	< LD	6,65 $\pm$ 0,46	0,43 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,03	6,78 $\pm$ 0,37	0,67 $\pm$ 0,03
<b>Piau pintado</b>	0,03 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,003	< LD	0,03 $\pm$ 0,01	6,68 $\pm$ 0,33	0,39 $\pm$ 0,13	0,33 $\pm$ 0,01	9,33 $\pm$ 0,83	0,83 $\pm$ 0,15
<b>Pirambeba</b>	0,05 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,00	< LD	0,027 $\pm$ 0,01	8,22 $\pm$ 0,23	0,40 $\pm$ 0,10	0,75 $\pm$ 0,21	11,64 $\pm$ 0,38	1,07 $\pm$ 0,30
<b>Robalo</b>	0,12 $\pm$ 0,01	0,34 $\pm$ 0,02	< LD	< LD	4,54 $\pm$ 0,37	< LD	0,31 $\pm$ 0,03	6,77 $\pm$ 1,86	0,57 $\pm$ 0,17
<b>Sargo</b>	0,15 $\pm$ 0,02	0,50 $\pm$ 0,29	< LD	< LD	5,96 $\pm$ 0,28	0,32 $\pm$ 0,25	0,20 $\pm$ 0,02	8,32 $\pm$ 2,33	0,44 $\pm$ 0,21
<b>Tilápia</b>	0,05 $\pm$ 0,002	0,10 $\pm$ 0,01	< LD	< LD	5,99 $\pm$ 0,59	0,45 $\pm$ 0,05	0,20 $\pm$ 0,03	5,54 $\pm$ 0,77	0,72 $\pm$ 0,03
<b>Traíra</b>	0,08 $\pm$ 0,003	0,11 $\pm$ 0,01	< LD	< LD	7,12 $\pm$ 0,09	< LD	0,28 $\pm$ 0,01	5,64 $\pm$ 0,02	0,82 $\pm$ 0,02
<b>Tucunaré</b>	0,09 $\pm$ 0,01	0,11 $\pm$ 0,01	< LD	< LD	8,66 $\pm$ 0,28	0,30 $\pm$ 0,05	0,27 $\pm$ 0,06	11,08 $\pm$ 0,34	0,66 $\pm$ 0,21

< LD = menor que o Limite de Detecção

## Arsênio

A concentração média de arsênio nos peixes foi de  $0,17 \pm 0,04$  mg/kg. O menor teor médio de  $0,05 \pm 0,003$  mg/kg foi detectado no piau pintado capturado em Traipú/AL e o maior de  $0,50 \pm 0,29$  mg/Kg no sargo procedente de Piaçabuçu/AL. Valores acima do LMT de 1,0 mg/kg para o arsênio (ANVISA, 2013) foram encontrados nos exemplares únicos do baiacu ( $2,42 \pm 0,63$  mg/Kg) e bagre ( $1,96 \pm 0,34$  mg/Kg), ambos capturados em Piaçabuçu/AL.

O nível médio de As de  $0,17 \pm 0,04$  mg/kg nos peixes do Baixo São Francisco avaliados neste estudo são inferiores aos de  $0,37 \pm 0,32$  mg/Kg observados em peixes do Rio Piracicaba, SP (MECHE et al., 2010). Apesar dos valores médios estarem abaixo do limite de concentração recomendado de 1,0 mg/kg, a bacia do rio Piracicaba/SP é considerada como área influenciada por fontes de contaminação devido a descarga contínua de efluentes proveniente da indústria, agricultura e despejos domésticos (MECHE et al., 2010). Por outro lado, Machado et al. 2017 relataram níveis médios de  $0,033 \pm 0,005$  mg/Kg na ictiofauna no Rio Pardo, SP inferiores aos deste estudo. Maior amplitude de variação nas concentrações de arsênio de 0,07 a 2,03 mg/kg foram encontrados em treze espécies de peixes marinhos comercializados em Aracaju, SE (SILVA et al., 2020).

O arsênio é um semi-metal (metalóide) que ocorre naturalmente na crosta terrestre e obtido como subproduto do tratamento de minérios de cobre, chumbo, cobalto e ouro. O metalóide é largamente difundido no ambiente aquático devido a processos naturais como atividades vulcânicas e intemperismo de rochas, e antropogênicos, especialmente a mineração, queima de combustíveis fósseis e incineração de lixo (CETESB, 2019; KUMARI et al., 2017), uso de pesticidas, herbicidas e fungicidas que contém arsênio (BOSCH et al., 2016), além de fundição de cobre e fabricação de vidro (CASTRO-GONZÁLEZ; MÉNDEZ-ARMENTA, 2008).

Esse metalóide pode ser encontrado nos pescados em diferentes formas químicas podendo variar grandemente dependendo do organismo, ambiente e região geográfica (MAHER et al., 2018). As espécies orgânicas como arsenobetaina estão presentes em maiores quantidades acima de 90% e são consideradas não tóxicas (LIN et al., 2005). Por outro lado, as espécies inorgânicas, As V e As III, são tóxicas e as principais responsáveis por causar riscos à saúde humana que incluem doenças cardiovasculares, hepáticas, renais e hematológicas (ATSDR, 2007; SANTOS et al.; 2013). O arsênio inorgânico em doses crônicas pode provocar irritação do estômago, intestino, pulmão e pele, bem como decréscimo na produção de células vermelhas e brancas no sangue (DESESSO, 2001), hiperpigmentação e diabetes (TSENG et al.,

2000) e a ingestão de quantidades significantes deste elemento pode intensificar o desenvolvimento de câncer, em particular, câncer linfático, de pele, pulmão e fígado (ATSDR, 2007, GAO et al., 2018; MUÑOZ et al., 2000). Arsênio em níveis subletais pode induzir mutação ou danos no DNA dos peixes (AHMED et al., 2011).

## **Cádmio**

Todos os exemplares de peixes analisados apresentaram níveis de cádmio abaixo do limite de detecção de 0,023 mg/kg, e portanto apresentaram concentrações de cádmio abaixo do LMT de 0,05 mg/kg publicado pela Resolução Anvisa N° 42 de 29 de agosto de 2013 (ANVISA, 2013).

Teores de cádmio também não foram detectados em amostras de piau *Leporellus vittatus* e *Leporinus octofasciatus* e bagre *Pimelodus maculatus* do rio Pardo, SP (MACHADO et al., 2017). Por outro lado, Arantes et al. (2016) registraram concentrações de cádmio variando de  $0,07 \pm 0,06$  a  $0,19 \pm 0,15$  mg/kg em surubins *Pseudoplatystoma corruscans* do rio Paraopeba, MG.

Gomes e Sato (2011) encontraram níveis de cádmio em curimatã pacu *Prochilodus argenteus* capturados à jusante da represa de Três Marias/MG no Rio São Francisco de  $0,26 \pm 0,08$  mg/kg no período chuvoso e de  $0,24 \pm 0,04$  mg/kg no período seco. No presente estudo, realizado no Baixo São Francisco no período seco em 2018, o único exemplar de curimatã pacu capturado apresentou nível de cádmio abaixo do limite de detecção de 0,023 mg/kg. O teor de cádmio das curimatã-pacus à jusante da represa de Três Marias/MG está acima do LMT de 0,05 mg/kg (ANVISA, 2013) e pode ser atribuído a proximidade de áreas de atividade mineradora industrial impactada pela descarga de rejeitos da indústria e de esgotos domésticos *in natura* no município (GOMES et al., 2010).

O cádmio é encontrado na natureza associado a sulfetos de minérios de zinco, cobre e chumbo sendo utilizado principalmente como anticorrosivo em aço galvanizado e seus compostos de cádmio na fabricação de pilhas e baterias recarregáveis de níquel-cádmio, em componentes eletrônicos e reatores nucleares. É introduzido no meio ambiente através de processos naturais (emissões vulcânicas e intemperismo das rochas) e antropogênicos como fundição ou galvanoplastia, queima de combustíveis fósseis, incineração de resíduos domésticos e industriais e, o uso de fertilizantes fosfatados que contém cádmio (CETESB, 2018).

O cádmio pode ser absorvido pelos peixes por difusão passiva do meio aquático através das brânquias ou por meio da ingestão dos primeiros elos da cadeia alimentar, microrganismos

e plâncton. Nos tecidos musculares, o cádmio está ligado às proteínas podendo bioacumular devido a sua taxa de eliminação muito lenta (BOSH et al., 2016). É um metal altamente tóxico que pode se concentrar no corpo humano por longos períodos de tempo e as implicações de saúde da exposição de cádmio são agravadas pela incapacidade relativa dos seres humanos de excretar cádmio (DURAL; GÖKSU; ÖZAK, 2007). Efeitos deletérios causados por exposição em longo prazo ou a altas doses de cádmio foram relatados à causas de insuficiência renal e amolecimento dos ossos e câncer de próstata (GRAY; HARRINS; CENTENO, 2005). Além de ser classificado como cancerígeno, seu acúmulo está relacionado com o comprometimento das funções renais, capacidade reprodutiva, disfunção hepática e sistema nervoso (ULLAH et al., 2017; ZHONG et al., 2018; ZALUAGA RODRIGUÉZ et al., 2015).

## **Zinco**

A concentração média de zinco foi de  $6,01 \pm 0,42$  mg/kg sendo que o menor valor médio de  $4,54 \pm 0,37$  mg/kg foi observado no robalo e o maior de  $8,66 \pm 0,28$  mg/kg no tucunaré. Nenhuma das espécies analisadas no presente estudo apresentaram níveis de zinco acima do LMT de 50 mg/kg previsto na legislação brasileira conforme Decreto n.º 55.871 de 26/03/1965.

Concentração média de zinco de  $5,77 \pm 3,73$  mg/kg em peixes do rio Pardo, SP (MACHADO et al., 2017) e de  $6,82 \pm 3,00$  mg/kg no rio São Francisco no trecho do Reservatório da Usina Hidrelétrica da CEMIG até a foz do rio Abaeté (LABARRÈRE et al., 2012) são similares as obtidas nesse estudo. Teores superiores de  $17,81 \pm 4,23$  mg/kg a  $21,71 \pm 6,28$  mg/kg foram observados em surubins *Pseudoplatystoma corruscans* do rio Paraopeba, MG (ARANTES et al., 2016). Dalzochio et al. (2017) registraram teores variando de  $3,09 \pm 3,87$  mg/kg a  $16,87 \pm 12,58$  mg/kg em lambaris *Bryconamericus iheringii* capturados no Rio Ilha, RS.

O zinco é um metal de cor branco-azulada encontrado na natureza principalmente sob a forma de sulfetos, associado ao chumbo, cobre, prata e ferro. O zinco possui propriedade anticorrosiva e tem larga aplicação na construção civil, na indústria automobilística e de eletrodomésticos, destacando-se o seu uso na galvanização como revestimento protetor de aços estruturais, folhas, chapas, tubos e fios (JESUS, 2001). As fontes antropogênicas ao meio ambiente são mineração, produção de aço, ferro e zinco, queima de combustíveis fósseis, incineração de resíduos e uso de fertilizantes e agrotóxicos contendo zinco (CETESB, 2018).

O zinco é um micronutriente essencial para todos os organismos com múltiplas funções bioquímicas e desempenha papel vital no metabolismo de lipídios, proteínas e carboidratos, já que é um componente ativo ou cofator de importantes sistemas enzimáticos; em particular nas sínteses e metabolismo de ácidos nucleicos e proteínas (WHO/FAO, 1998). Peixes com um teor médio de zinco de cerca de 3 a 5 mg/kg é uma boa fonte para este elemento essencial (OEHLENSCHLAGER, 2002). A deficiência em zinco provoca transtornos como falta de apetite, retardo do crescimento, declínio de defesa imunológica, lesões de olhos e pele, mau funcionamento de cicatrização de feridas e dermatites (CETESB, 2018). A ingestão diária recomendada (IDR) de zinco pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária é de 4,1 mg/dia para crianças de 1 a 3 anos e de 7,0 mg/dia para adultos (ANVISA, 2005).

### **Chumbo**

O chumbo não foi detectado em sete das espécies analisadas, sendo que duas, pacu *Metynnis maculatus* e piau pintado *Megaleporinus obtusidens*, apresentaram teores de  $0,03 \pm 0,01$  mg/kg e a pirambeba *Serrasalmus brandtii* de  $0,027 \pm 0,01$  mg/kg. Nenhuma das espécies de peixes avaliadas no Baixo São Francisco registraram concentrações de chumbo acima do LMT de 0,3 mg/kg (ANVISA, 2013). Arantes et al. (2016) reportaram níveis de Pb variando de  $0,94 \pm 0,98$  a  $3,31 \pm 4,64$  mg/kg em surubins *Pseudoplatystoma corruscans* do rio Paraopeba, MG.

Teores de Pb de 2,69 mg/kg em *Leporinus sp.* e 0,66 mg/kg em *Serrasalmus spilopleura* foram observados no rio Piracicaba, SP (MECHE et al., 2010), os quais são superiores aos das espécies da mesma família Anostomidae e Serrasalminidae avaliadas nesse estudo, respectivamente. Segundo os autores acima, os valores elevados de Pb nos peixes do rio Piracicaba podem estar relacionados ao alto grau de poluição naquele ambiente. Similarmente, níveis elevados de chumbo de  $1,97 \pm 0,10$  mg/kg foram observados em carpa *Cyprinus carpio* de ambiente exposto às emissões de efluentes da indústria de couro no rio Guarapuava, PR (REPULA et al., 2012).

O chumbo é encontrado naturalmente nas rochas e solos, onde a erosão e lixiviação contribuem para sua entrada no ambiente aquático. É amplamente utilizado na indústria de produção e reciclagem de baterias, tintas e vidros e, no passado, a combustão da gasolina aditivada com chumbo foi considerada a fonte predominante do metal para a atmosfera (VON STORCH et al., 2003). A deposição atmosférica é a principal rota de entrada do chumbo nos oceanos. A forma divalente Pb II é absorvida nas brânquias, entra na corrente sanguínea do peixe e acumula nos tecidos do animal, sendo o consumo de pescado importante rota de

exposição em humanos e encontrado especialmente nos tecidos musculares dos peixes (NUSSEY et al., 2000).

O chumbo é considerado um elemento não essencial, acumulando-se nos dentes, ossos, fígado, rim, baço, órgãos vitais como pulmão e cérebro e atravessa a barreira hematoencefálica e a placenta, podendo causar muitos efeitos nocivos, como neurotoxicidade, nefrotoxicidade e danos nos sistemas hematológicos, cardiovasculares e reprodutivos (GARZA; VEGA; SOTO, 2006; GARCÍA-LESTÓN et al., 2010). Os sintomas do envenenamento por chumbo são dor de cabeça, irritabilidade, dor abdominal e vários sintomas relacionados ao sistema nervoso (CASTRO-GONZÁLEZ; MÉNDEZ-ARMENTA, 2008.).

### **Cromo**

A concentração média de cromo no presente estudo foi de  $0,45 \pm 0,06$  mg/kg. Os menores e maiores teores médios encontrados no tecido muscular dos peixes foram de  $0,19 \pm 0,03$  mg/kg no piau branco e de  $1,25 \pm 0,09$  nas carapebas. Todas as espécies avaliadas apresentaram concentrações médias de cromo superiores ao LMT de 0,1 mg/kg prescrito no Decreto n.55.871 de 26/03/1965 para qualquer alimento.

Concentrações similares de Cr variando de  $0,42 \pm 0,32$  a  $0,54 \pm 0,42$  mg/kg foram observados por Arantes et al. (2016) em surubins *Pseudoplatystoma corruscans* do rio Paraopeba, MG. Em relação a tilápia *Oreochromis niloticus*, o nível médio de cromo de  $0,20 \pm 0,03$  mg/kg é inferior a de  $0,37$  mg/kg na mesma espécie do rio Piracicaba, Brasil (MECHE et al., 2010). Repula et al. (2012) reportaram concentrações médias elevadas de cromo de  $0,75 \pm 0,06$  mg/kg em *Tilapia rendalli* de ambiente exposto às emissões de efluentes de curtume da indústria de couro no rio Guarapuava/PR, Brasil.

Baggio e Horn, (2010) relataram que os teores de Cr nos sedimentos de fundo do rio do Formoso – MG ultrapassaram os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/2004 (CONAMA, 2004). Segundo os pesquisadores, a presença de Cr naquele ambiente está associada aos resíduos metalorgânicos gerados pela agricultura comercial praticada na região e também associada ao material de origem do solo. Este mecanismo de acúmulo de metais em sedimentos pode estar contribuindo e influenciando uma maior biodisponibilidade de cromo no Baixo São Francisco conforme os níveis desse metal acima do LMT encontrados nos peixes avaliados. Estudos indicam que teores de cromo no ambiente aquático podem estar relacionado ao uso indiscriminado no manejo agrícola de fertilizantes fosfatados devido à presença desse metal na sua formulação (MENEZES, 2014).

O cromo (Cr) ocorre naturalmente em rochas e no solo, animais e plantas, apresentando valências +3 e +6. O metal é utilizado na galvanoplastia, curtimento de couro, ligas metálicas ácido-resistentes, tintas anticorrosivas, em operações de cromagem (ácido crômico) e na impregnação de madeira (ATSDR, 2009). O Cr III (cromo trivalente), o mais importante para a saúde humana em pequenas quantidades, apresenta função vital no metabolismo de carboidratos, tolerância à glicose e síntese de glicogênio, atuando como cofator para o hormônio insulina (WHO/FAO, 1998). Estudos sobre o Cr VI (cromo hexavalente), a forma tóxica carcinogênica e mutagênica, apontam que os compostos de cromo (VI) podem aumentar o risco de câncer de pulmão (ISHIKAWA et al., 1994). A maior parte do cromo liberado na água deposita-se nos sedimentos e apenas uma pequena porcentagem pode estar presente na água na forma solúvel e insolúvel (ATSDR, 2009).

No ambiente aquático, o cromo existe como cromato e é assimilado pelo fitoplâncton por difusão passiva. No processo de bioacumulação, o cromo dissolvido, suspenso na água ou contido no sedimento é absorvido pelos organismos, particularmente os peixes, através das brânquias e do trato digestivo (MIRANDA FILHO et al., 2011). A saúde dos peixes também pode ser afetada pela exposição ao cromo e sua presença junto com outros metais foi relacionada ao aumento do nível de glicogênio em diferentes órgãos dos peixes, indicando estresse devido à exposição ao metal (JAVED; USMANI 2011).

### **Manganês**

A concentração média de manganês foi de  $0,75 \pm 0,15$  mg/kg, sendo o menor valor de  $0,44 \pm 0,21$  mg/kg detectado no sargo pescado em Piaçabuçu/AL e o maior na pirambeba de  $1,07 \pm 0,30$  mg/kg capturado em Traipu/AL. Não há na legislação brasileira limites máximos em pescados prescritos para esse metal.

Medeiros et al. (2012) relataram teores de Mn variando de 0,07 a 7,3 mg/kg em peixes comercializados no mercado de Niterói, RJ. Os níveis de Mn de  $0,72 \pm 0,03$  mg/kg observados para a tilápia são superiores aos reportados de  $0,39 \pm 0,03$  mg/kg na mesma espécie no mercado de Gaza, Palestina (ELNABRIS; MUZYED; EL-ASHGAR, 2013). Nos sargos capturados no BSF, as concentrações médias de Mn de  $0,44 \pm 0,21$  mg/kg são similares aos dos peixes do mesmo gênero *Archosargus rhomboidalis* de  $0,36 \pm 0,01$  mg/kg amostrados na Baía de Todos os Santos, BA (SILVA et al., 2016).

O manganês (Mn) é um metal cinza claro e ocorre combinado com outras substâncias, como o oxigênio, enxofre e cloro. O Mn inorgânico (retirado de rochas) é usado na fabricação

de ligas metálicas, especialmente aços, em pilhas, palitos de fósforo, vidros, fogos de artifício, na indústria química de couro e têxtil, e como fertilizante. As formas orgânicas são usadas em fungicidas e inibidores de fumaça, entre outros usos (CETESB, 2018). Processos de escoamento superficial e lixiviação do solo facilitado pelas atividades agrícolas podem liberar Mn aos corpos de água, enquanto as fontes antropogênicas incluem os agrotóxicos. No ambiente aquático, o manganês pode acumular-se em alguns organismos, como algas, moluscos e alguns peixes, mas a biomagnificação na cadeia alimentar parece não ser significativa, pois a bioacumulação do manganês é maior em níveis tróficos inferiores do que nos superiores (CETESB, 2018). É um elemento essencial para os seres humanos e deficiência de Mn causa anormalidades esqueléticas e reprodutivas (SIVAPERUMAL; SANKAR; NAIR, 2007) e, por sua vez a ingestão excessiva de Mn pode resultar em distúrbios neurológicos (MORENO et al., 2009). Como cofator ou componente de vários sistemas enzimáticos chaves, o manganês é essencial na formação de ossos, regeneração de células sanguíneas, metabolismo de carboidratos e o ciclo reprodutivo (WHO/FAO, 1998).

## **Ferro**

A média geral da concentração de ferro nas espécies avaliadas foi de  $9,64 \pm 0,81$  mg/kg. O menor valor médio de  $5,54 \pm 0,77$  mg/kg foi encontrado nas tilápias provenientes de Neópolis/SE e o maior de  $18,41 \pm 1,02$  mg/kg nas carapebas capturados em Brejo Grande/SE. A legislação brasileira não estabelece valores do LMT para os níveis de ferro.

Medeiros et al. (2012) relataram teores de ferro variando de 0,4 mg a 26,1 mg/kg em peixes comercializados no mercado de Niterói, RJ. Teores de ferro de  $18,88 \pm 5,12$  mg/kg em curimatã pacu *Prochilodus argenteus* do rio Abaeté, MG afluente do Alto Rio São Francisco (PASCHOALINI et al., 2019) são similares ao do único exemplar dessa espécie capturado durante a expedição no Baixo São Francisco em 2018. Em contraste, concentrações elevadas de ferro de  $318,43 \pm 116,73$  mg/kg foram encontradas na mesma espécie no rio Paraopeba, considerado impactado por efluentes da mineração, curtumes, e despejos urbanos e rurais (ARANTES et al., 2016).

No meio aquático, o ferro ocorre principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, formando o carbonato ferroso que é solúvel e encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, os níveis de ferro aumentam no período chuvoso devido ao escoamento superficial e lixiviação dos solos. As contribuições antropogênicas são provenientes do lançamento de

efluentes da indústria metalúrgica e do processo de decapagem que realiza a limpeza da camada de ferrugem de artefatos e peças construídos com esse metal.

O ferro no corpo humano está associado ao transporte de oxigênio através da hemoglobina, sendo considerado um dos elementos mais importantes para o ser humano (SOUZA et al., 2009), bem como componente essencial de vários sistemas enzimáticos, incluindo os citocromos, catalases e peroxidases (WHO/FAO, 1998). Deficiência nos níveis adequados de ferro em humanos causam anemia, redução da capacidade física no trabalho e afeta negativamente as defesas imunológicas contra doenças. Os grupos com maior risco de deficiência de ferro são lactentes, crianças, adolescentes, e mulheres em idade fértil, especialmente mulheres grávidas. Nos bebês em amamentação, o suprimento adequado de ferro é muito importante para o adequado desenvolvimento do cérebro e outros tecidos, como músculos, que são diferenciados no início da vida (WHO/FAO, 1998). A ingestão diária recomendada (IDR) de ferro pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária é de 6,0 mg/dia para crianças de 1 a 3 anos, de 14,0 mg/dia para adultos e de 27,0 mg/dia para gestantes (ANVISA, 2005).

## **Cobre**

A concentração média de cobre encontrado nos peixes foi de  $0,38 \pm 0,09$  mg/kg e os menores e maiores valores foram de  $0,30 \pm 0,05$  mg/kg em tucunarés e  $0,62 \pm 0,03$  mg/kg em piau branco, ambas espécies capturadas em diversos pontos do Baixo São Francisco. Todos os peixes avaliados nesse estudo apresentaram teores de cobre inferiores ao LMT de 30 mg/kg estabelecido no Decreto n.55.871 de 26/03/1965.

Em relação a tilápia, os níveis de cobre de  $0,45 \pm 0,05$  mg/kg são inferiores aos reportados de  $0,64 \pm 0,08$  mg/kg por Elnabris, Muzyed e El-Ashgar (2013) na mesma espécie no mercado de Gaza, Palestina. Teores similares aos do sargo de  $0,32 \pm 0,25$  mg/kg foram obtidos em peixes do mesmo gênero *Archosargus rhomboidalis* de  $0,21 \pm 0,02$  mg/kg (SILVA et al., 2016). Uma maior variabilidade nos teores de cobre de 0,03 a 23,5 mg/kg foram registrados em peixes comercializados no mercado de Niterói, RJ (MEDEIROS et al., 2012).

O cobre é um metal avermelhado que ocorre naturalmente em rochas, solo, água, sedimentos e, em níveis baixos no ar. É utilizado diretamente ou em liga na fabricação de fios, chapas, tubos e outros produtos metálicos. Na agricultura, seus compostos são usados no tratamento de doenças de plantas e água para consumo e como conservantes para madeira,

couro e tecidos (ATSDR, 2004). No metabolismo humano é um metal essencial de numerosos sistemas enzimáticos de oxidação e está intimamente envolvido no metabolismo de ferro em consequência na síntese e manutenção de células vermelhas do sangue (WHO/FAO, 1998). Seu nível é facilmente regulado pelo metabolismo, o que dificulta muito a sua bioacumulação (PEREIRA et al., 2010).

Distúrbios gastrointestinais agudos como náuseas e vômitos, que geralmente ocorrem logo após a ingestão e não são persistentes, tem sido relatado em humanos após a ingestão de grandes quantidades de sais de cobre em água potável ou bebidas (ATSDR, 2004).

### **Mercúrio**

A concentração média de mercúrio total nos peixes foi de  $0,08 \pm 0,01$  mg/Kg, com o menor e maior nível encontrados de  $0,03 \pm 0,003$  mg/Kg nos piaus e de  $0,16 \pm 0,02$  mg/Kg em carapeba. Nenhuma das espécies de peixes analisadas apresentaram concentração de Hg acima do LMT estabelecido pela legislação brasileira de 0,5 mg/Kg para não carnívoros e 1,0 mg/Kg para carnívoros (ANVISA, 2013).

Os resultados do presente estudo estão de acordo com os valores médios nos pescados do rio Jaguaribe, CE que variaram entre  $0,013 \pm 0,002$  e  $0,256 \pm 0,198$  mg/kg em treze diferentes espécies (MOURA; COSTA; LACERDA, 2018). Os níveis de Hg nos robalos do BSF de  $0,12 \pm 0,02$  mg/kg são similares aos do rio Jaguaribe de  $0,124 \pm 0,038$  mg/kg nos exemplares de maior porte. Os sargos capturados no BSF com  $0,15 \pm 0,00$  mg/kg apresentaram níveis inferiores aos de  $0,228 \pm 0,114$  mg/kg em peixes do mesmo gênero *Archosargus spp.* Entretanto, em carapebas os teores de  $0,16 \pm 0,02$  mg/kg foram superiores aos de  $0,079 \pm 0,081$  mg/kg para a mesma espécie amostrada no Rio Jaguaribe, CE. Em relação a tilápia e tucunaré, os valores observados no presente estudo de  $0,05 \pm 0,00$  mg/kg e  $0,09 \pm 0,01$  mg/k são superiores aos de  $0,005 \pm 0,0027$  mg/kg e  $0,0248 \pm 15.5$  mg/kg nas mesmas espécies do rio Jaguaribe/CE, respectivamente (COSTA; LACERDA, 2014).

Apesar das baixas concentrações de Hg relatadas acima, ao longo das últimas décadas, diversos trabalhos têm registrado altos níveis de mercúrio na água e na fauna do rio Madeira e outros afluentes da bacia do Amazonas, os quais decorrem principalmente dos impactos causados pela mineração do ouro na região (SOARES et al., 2018; DE QUEIROZ et al., 2019).

Teores de Hg acima dos registrados nesse estudo foram reportados para a ictiofauna do rio Purus, AC ( $0,577 \pm 0,424$  mg/Kg) (CASTRO et al., 2016); rio Tapajos, PA ( $0,339 \pm 0,260$

mg/Kg) (LINO et al., 2018) e rio Madeira, AM ( $0,856 \pm 0,479$  mg/Kg) (BASTOS et al., 2015). ARANTES et al. (2016) registraram teores de Hg variando de  $0,35 \pm 0,17$  a  $0,41 \pm 0,18$  mg/kg em surubins *Pseudoplatystoma corruscans* do rio Paraopeba, MG.

As contribuições naturais do Hg para o ambiente são originadas da 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). A contaminação com Hg é mais grave do que os outros metais devido a sua elevada toxicidade e alta dissipação via atmosférica sendo considerada uma das principais vias de dispersão do Hg para o ambiente (WANGA et al., 2004) podendo atingir áreas remotas por todo planeta. Diversas formas do mercúrio ocorrem naturalmente sendo mais comum o mercúrio metálico, sulfeto de mercúrio, cloreto de mercúrio e metilmercúrio (ACQUAVITA; BETTOSO, 2018). Em peixes carnívoros, a forma orgânica, representa cerca de 90% do mercúrio total (LI; WANG, 2019; MALINOWSKI, 2019) e considerada a principal delas em termos de efeitos tóxicos para saúde humana (JEWETT; DUFFY, 2007). 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 consumo de peixes é o principal meio de contaminação de Hg pelos humanos (ANUAL et al., 2018; BONSIGNORE et al., 2013). A exposição do homem ao mercúrio pode provocar danos no sistema nervoso central e cardiovascular, distúrbios gastrointestinais, renais, dermatológicos e imunitários, bem como implicação na formação do feto em mulheres grávidas (AHMAD et al., 2014; ZAHIR et al., 2005).

## CONCLUSÕES

Os metais e o metalóide arsênio presentes nas quinze espécies de peixes avaliadas no Baixo São Francisco apresentaram as concentrações médias na seguinte ordem decrescente: Fe > Zn > Mn > Cu > As > Hg > Cr > Pb > Cd. O ferro foi o metal mais abundante, seguido do zinco, no tecido muscular dos peixes estudados.

As concentrações de mercúrio, cádmio e chumbo encontradas no tecido muscular dos peixes não apresentam risco à saúde humana associado ao consumo dessas espécies com base nos Limites Máximos de Tolerância (LMT) prescritos pela ANVISA.

Os níveis de cromo acima do LMT registrados em todas as espécies estudadas indicam que o ambiente aquático está impactado por esse metal, expondo risco à saúde da população da região do Baixo São Francisco que frequentemente consomem essas espécies.

Concentrações de arsênio acima do LMT foram detectadas em duas espécies: baiacu *Lagocephalus laevigatus* e bagre *Cathorops agassizii* capturados na localidade de Piaçabuçu/AL onde o Rio São Francisco sofre influência da maré, podendo apresentar potencial risco à saúde humana associado ao consumo desses pescados. A ocorrência de exemplares únicos dessas espécies na amostragem dos peixes, bem como em outras: curimatã pacu *Prochilodus argenteus*, piranha vermelha *Pygocentrus piraya* e xareú *Caranx latus* resultam em baixa precisão dos resultados analíticos do arsênio e dos metais avaliados para essas espécies.

Em trabalhos futuros, é recomendável a ampliação do universo amostral com um maior número de indivíduos por espécie objetivando melhor precisão e exatidão dos resultados. Em face aos dados apresentados, é necessária a continuidade desse trabalho em diferentes épocas do ano (verão e inverno) e análise de metais nos diferentes compartimentos ambientais, água e sedimento, para evidenciar possíveis inter-relações com as pressões antropogênicas e os processos geoquímicos presentes na região do Baixo São Francisco.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq/MAPA, processo 180547/2019-4, pela bolsa ITI-A e a CODEVASF pela realização das análises de mercúrio.

## 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**, v. 135, n. 135, p. 75–82, Apr. 2018.

AFONSO, C.; CARDOSO, C.; LOURENÇO H. M.; ANACLETO, P.; BANDARRA, N. M.; CARVALHO, M. L.; CASTRO, M.; NUNES, M. L. Evaluation of hazards and benefits associated with the consumption of six fish species from the Portuguese coast. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 32, n. 1, p. 59–67, Nov. 2013.

AHMAD, N. I.; NOH, M. F. M.; MAHIYUDDIN, W. R. W.; JAAFAR, H.; ISHAK, I.; AZMI, W. N. F. W.; VELOO, Y.; HAIRI, M. H. Mercury levels of marine fish commonly consumed in Peninsular Malaysia. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 5, p. 3672–3686, Sept. 2014.

AHMED, M. K.; HABIBULLAH-AL-MAMUN, M.; HOSSAIN, M. A.; ARIF, M.; PARVIN, E.; AKTER, M. S.; KHAN, M. S.; ISLAM, M. M. Assessing the genotoxic potentials of arsenic in tilapia (*Oreochromis mossambicus*) using alkaline comet assay and micronucleus test. **Chemosphere**, v. 84, n. 1, p. 143-149, Mar. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005**. Dispõe sobre o "Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais". Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC\\_269\\_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3)>. Acessado em: 01 jun. 2020.

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.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR(USA). **Toxicological profile for chromium.** 2009. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=62&tid=17>> Acessado em: 7 jan. 2020.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR(USA). **Toxicological profile for copper.** 2004. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=206&tid=37>> Acessado em: 7 jan. 2020.

AMIGÓ, N.; AKINKUOLIE, A. O.; CHIUVE, S. E.; CORREIG X.; COOK, N. R.; MORA, S. Habitual Fish Consumption, n-3 Fatty Acids, and Nuclear Magnetic Resonance Lipoprotein Subfractions in Women. **Journal of the American Heart Association**, v. 9, n. 5, p. 1-15, Mar. 2020.

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**, v. 140, p. 214–221, July 2018.

ARANTES, F. P.; SAVASSI, L. A.; SANTOS, H. B.; GOMES, M. V. T.; BAZZOLI, N. Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 88 n. 1, p. 137-147, mar. 2016.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for arsenic.** Atlanta, 2007. 500 p. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2019.

BAGGIO, Hernando; HORN, Adolf Heinrich. Teores totais e distribuição dos metais pesados Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn nos sedimentos de corrente e fundo do rio do Formoso –MG. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 1, n. 6, p.107-117, jun. 2010.

BASTOS, W. R.; DÓREA, J. G.; BERNARDI, J. V. E.; LAUTHARTTE, L. C.; MUSSY, M. H.; HAUSER, M.; DÓRIA, C. R. da C.; MALM, O. Mercury in muscle and brain of catfish from the Madeira river, Amazon, Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 118, p. 90–97, Apr. 2015.

BOENING, Dean W. Ecological effects, transport, and fate of mercury: A general review. **Chemosphere**, v. 40, n. 12, p. 1335–1351, Jun. 2000.

BONSIGNORE, M.; MANTA, D. S.; OLIVIERI, E.; SPROVIERI, M.; BASILONE, G.; BONANNO, A.; FALCO, F.; TRAINA, A.; MAZZOLA, S. Mercury in fishes from Augusta Bay (southern Italy): Risk assessment and health implication. **Food and Chemical Toxicology**, v. 56, p. 184–194, Feb. 2013.

BOSCH, A. C.; O'NEILL, B.; SIGGE, G. O.; KERWATH, S. E.; HOFFMAN, L. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: A review. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 96, n. 1, p. 32–48, Jan. 2016.

BRASIL. Decreto-Lei nº 55.871, de 26 de março de 1965: “Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos” e seu anexo “Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos”. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/decreto-no-55-871-de-26-de-marco-de-1965.doc/view>>. Acesso em: 23 jun. 2020.

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, Nov. 2008.

CASTRO, N. S. S.; BRAGA, C. M.; TRINDADE, P. A. A.; GIARRIZZO, T.; LIMA, M. O. Mercury in fish and sediment of Purus River, Acre State, Amazon. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 294–300, Sept. 2016.

CETESB. 2018. Ficha de Informação Toxicológica - Cádmio e seus compostos. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2018/05/C%C3%A1dmio.pdf>> . Acessado em: 22 mar. 2020

CETESB. 2018. Ficha de Informação Toxicológica - Manganês. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Mangan%C3%AAs.pdf>>. Acessado em: 15 mar. 2020

CETESB. 2018. Ficha de Informação Toxicológica - Manganês. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2019/06/Zinco.pdf>> . Acessado em: 15 mar. 2020

CETESB. 2019. Ficha de Informação Toxicológica - Arsênio. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2019/10/Ars%C3%AAnio.pdf>> . Acessado em 15 mar. 2020

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) (2004) Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em: 11 jun. 2020.

COSTA, B. G. B., LACERDA, L. D. 2014. Mercury (Hg) in fish consumed by the local population of the Jaguaribe River lower basin, Northeast Brazil. **Environmental Science Pollution Research**, v. 21, n. 23, p.13335–13341, Dec. 2014.

DALZOCHIO, T.; SIMÕES, L. A. R.; SOUZA, M. S.; RODRIGUES, G. Z. P.; PETRY, I. E.; ANDRIGUETTI, N. B.; SILVA, G. J. H.; GEHLEN, G.; SILVA, L. B. Water quality parameters, biomarkers and metal bioaccumulation in native fish captured in the Ilha River, southern Brazil. **Chemosphere**, v. 189, p. 609-618, Dec. 2017.

DESESSO, John M. Teratogen update: inorganic arsenic. **Teratology**, New York, v. 64, n. 3, p. 170-173, Aug. 2001.

DURAL, M.; GÖKSU, M. Z. L.; ÖZAK, A. A. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 102, n. 1, p. 415-421, Dec. 2007.

ELNABRIS, K. J.; MUZYED, S. K.; EL-ASHGAR, N. M. Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). **Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences**, v. 13, n.1, p.44–51, Apr. 2013.

FAO. 2020. The State of the World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf>>. Acessado em: 17 jun. 2020.

FARRUGIA, Thomas J.; OLIVEIRA, Alex C. M.; KNUE, Jacqueline F.; SEITZ, Andrew C. Nutritional content, mercury, and trace element analyses of two skate (Rajidae) species in the Gulf of Alaska. **Journal of Food Composition Analysis**, v. 42, p. 152–163, Sept. 2015.

GARCÍA-LESTÓN, J.; MÉNDEZ, J.; PÁSARO, E.; LAFFON, B. Genotoxic effects of lead: An updated review. **Environment International**, v. 36, n. 6, p. 623–636, Aug. 2010.

GARZA, Anibal; VEGA, Rosario; SOTO, Enrique. Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. **Medical Science Monitor**, México, v. 12, n.3, p. 57-65, Mar. 2006.

GOMES, M. V. T.; COSTA, A. S.; GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A.; ALVES, J. P. H. Concentrações e associações geoquímicas de Pb e Zn em sedimentos do rio São Francisco impactados por rejeitos da produção industrial de zinco. **Química Nova**, São Paulo, v.10, n. 33, p. 2088-2092, 2010.

GOMES, M. V. T.; SATO, Y. Avaliação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Saúde & Ambiente em Revista**, v.6, n.1, p.24-30, jan./jun. 2011.

GRAY, M. A.; HARRINS, A.; CENTENO, J. A. The role of cadmium, zinc, and selenium in prostate disease. In: Moore TA, Black A, Centeno JA, Harding JS, Trumm DA (eds) Metal contaminants in New Zealand: sources, treatments, and effects on ecology and human health. **Resolutionz Press**, Christchurch, p. 393–414, 2005.

GUERRERO, J. L.; VENEGAS-VENEGAS, E; RINCON-CERVERA, M. A. Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 217–22, 2011.

HE, Ka. Fish, long-chain Omega-3 polyunsaturated fatty acids and prevention of cardiovascular disease—Eat fish or take fish oil supplement? **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, n. 2, p. 95–114, Sept./Oct. 2009.

ISHIKAWA, Y.; NAGAKAWA, K.; SATOH. Y.; KITAGAWA, T.; SUGANO. H.; HIRANO. T.; TSUCHIYA, E. Characteristics of chromate workers' cancers, chromium lung deposition and precancerous bronchial lesions: an autopsy study. **British Journal of Cancer**, v. 170, n. 1, p. 70-160, June 1994.

JARIĆ, I.; VIŠNJIĆ-JEFTIĆ, Ž.; CVIJANOVIĆ, G.; GAČIĆ, Z.; JOVANOVIĆ, L.; SKORIĆ, S.; LENHARDT, M. Determination of differential heavy metal and trace element accumulation in liver, gills, intestine and muscle of sterlet (*Acipenser ruthenus*) from the Danube River in Serbia by ICP-OES. **Microchemical Journal**, Amsterdam, v. 98, n. 1, p. 77-81, May 2011.

JAVED, M.; USMANI, N. Accumulation of heavy metals in fishes: a human health concern. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 659-670, Dec. 2011.

JEWETT, Stephen C.; DUFFY, Lawrence K. Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species. **Science of the Total Environment**, v. 387, n. 1–3, p. 3–27, Nov. 2007.

LABARRÈRE, C. R.; MENEZES, B. D.; MELO, M. M. Avaliação dos teores de zinco em brânquias, carcaça, fígado e musculatura de diferentes espécies de peixes capturados no rio São Francisco (MG, Brasil). *Geonomos*, v. 20, n.1, p.86-91, 2012.

LESSA, R.; NÓBREGA, M. F. **Guia de identificação de peixes marinhos da Região Nordeste**. Recife: Dimar, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/arquivos/guiaiden.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

LI, Wanzer; WANG, Wen-Xiong. Inter-species differences of total mercury and methylmercury in farmed fish in Southern China: Does feed matter? **Science of the Total Environment**, v. 651, n. part 2, p. 1857–1866, Feb. 2019.

LIN, M. C.; LIN, H. Y.; CHENG, H. H.; CHEN, Y. C.; LIAO, C. M.; SHAO, K. T. Risk assessment of arsenic exposure from consumption of cultured milkfish, *Chanos chanos* (Forsskål), from the arsenic-contaminated area in Southwestern Taiwan. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 75, n. 4, p. 637–644, Oct. 2005.

LINO, A. S.; KASPER, D.; GUIDA, Y. S.; THOMAZ, J. R., MALM, O. Mercury and selenium in fishes from the Tapajós River in the Brazilian Amazon: An evaluation of human exposure. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 48, n. 2010, p. 196–201, July 2018.

MACHADO, C. S.; FREGONESI, B. M.; ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; SIERRA, J.; MARTINIS, B. S.; CELERE, B. S.; SCHUHMACHER, M.; NADAL, M.; DOMINGO, J. L.; SEGURA-MUÑOZ, S. Health risks of environmental exposure to metals and herbicides in the Pardo River, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 25, p. 20160–20172, June 2017.

MAHER, William; WARING, Joel; KRIKOWA, Frank; DUNCAN, Elliott; FOSTER, Simon. Ecological factors affecting the accumulation and speciation of arsenic in twelve Australian coastal Bivalve molluscs. **Environmental Chemistry**, v. 15, n. 1, p. 46-57, Jan. 2018.

MALINOWSKI, C. R. High mercury concentrations in Atlantic Goliath Grouper: Spatial analysis of a vulnerable species. **Marine Pollution Bulletin**, v. 143, n. August 2018, p. 81–91, June 2019.

MECHE, A.; MARTINS, M. C.; LOFRANO, B. E. S. N.; HARDAWAY, C. J.; MERCHANT, M.; VERDADE, L. Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. **Microchemical Journal**, v. 94, n. 2, p. 171–174, Mar. 2010.

MEDEIROS, R. J.; SANTOS, L. M. G. dos; FREIRE, A. S.; SANTELLI, R. E.; BRAGA, A. M. C. B.; KRAUSS, T. M.; JACOB, S. do C. Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State, Brazil. **Food Control**, v. 23, n. 2, p. 535-541, Feb. 2012

MENEZES, F. J. S. 2014. Teores de metais pesados na região do entorno do Lago de Sobradinho – BA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro – BA, 2014.

MIRANDA FILHO, A. L.; MOTA, A. K. M.; CRUZ, C. C.; MATIAS, C. A. R.; FERREIRA, A. P. Cromo hexavalente em peixes oriundos da Baía de Sepetiba no Rio de Janeiro, Brasil: uma avaliação de risco à saúde humana. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 3, p. 200-209, 2011

MORENO, J. A.; YEIMANS, E. C.; STREIFEL, K. M.; BRATTIN, B. L.; TAYLOR, R. J.; TJALKENS, R. B. Age-dependent susceptibility to manganese induced neurological dysfunction. **Toxicological Sciences**, v. 112, n. 2, p. 394-404, Dec. 2011.

MOURA, V. L.; COSTA, B. G. B.; LACERDA, L. D. Distribuição de mercúrio na fauna estuarina do rio Jaguaribe – CE. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 51, n. 1, p. 49 – 56, 2018.

MUÑOZ, O.; DEVESA, V.; SUÑER, M. A.; VÉLEZ, D.; MONTORO, R.; URIETA, I.; MACHO, M. L.; JALÓN, M. Total and inorganic arsenic in fresh and processed fish products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 9, p. 4369–4376, 2000.

OEHLENSCHLAGER, J. Identifying heavy metals in fish. In: H. BREMMER, A. (Ed.). **Safety and quality issues in fish processing**. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2002. p. 95-113.

PASCHOALINI, A. L.; SAVASSI, L. A.; ARANTES, F. P.; RIZZO, E.; BAZZOLI, N. Heavy metals accumulation and endocrine disruption in *Prochilodus argenteus* from a polluted

neotropical river. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 169, n. June 2018, p. 539–550, 2019.

PEREIRA, Patrícia; PABLO, Hilda de; PACHECO, Mário; VALE, Carlos. The relevance of temporal and organ specific factors on metals accumulation and biochemical effects in feral fish (*Liza aurata*) under a moderate contamination scenario. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 5, p. 805-816, July 2010.

POHLENZ, Camilo; GATLIN, Delbert M. Interrelationships between fish nutrition and health. **Aquaculture**, v. 431, p. 111-117, July 2014.

QUEIROZ, J. V.; VIEIRA, J. C. S.; OLIVEIRA, G. de; BRAGA, C. P.; BATAGLIOLI, I. da C.; SILVA, J. M. da; ARAÚJO, W. L. de P.; PADILHA, P. de M.. Identification of Biomarkers of Mercury Contamination in *Brachyplatystoma filamentosum* of the Madeira River, Brazil, Using Metalloproteomic Strategies. **Biological Trace Element Research**, v. 187, n. 1, p. 291–300, Jan. 2019.

REPULA, C. M. M.; CAMPOS, B. K. de; GANZAROLLI, E. M.; LOPES, M. C.; QUINÁIA, S. P. Biomonitoramento de Cr e Pb em peixes de água doce. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 905-909. 2012.

SANTOS, L. F. P.; TRIGUEIRO, I. N. S.; LEMOS, V. A.; FURTUNATO, D. M. da N.; CARDOSO, R. C. V. Assessment of cadmium and lead in commercially important seafood from São Francisco do Conde, Bahia, Brazil. **Food Control**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 193-199, 2013.

SILVA, E.; COSTA, F. N.; SOUZA, T. L.; VIANA, Z. C. V.; SOUZA, A. S.; KORN, M. G. A.; FERREIRA, S. L. C. Assessment of Trace Elements in Tissues of Fish Species: Multivariate Study and Safety Evaluation. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 27, n. 12, p. 1-12, Dec. 2016.

SILVA, C. A.; SANTOS, S. O.; GARCIA, C. A. B.; PONTES, C. G.; WASSERMAN, J. C. Metals and arsenic in marine fish commercialized in the NE Brazil: Risk to human health. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 26, n. 3, p. 695-712, Mar. 2020. DOI: 10.1080/10807039.2018.1529552

SOARES, J. M.; GOMES, J. M.; ANJOS, M. R.; SILVEIRA, J. N.; CUSTÓDIO, F. B.; GLORIA, M. B. A. Mercury in fish from the Madeira River and health risk to Amazonian and riverine populations. **Food Research International**, v. 109, p. 537–543, July 2018.

SOUZA, G. R. de; GARCEZ, M. A. P.; SANTOS, V. C. G. dos; SILVA, D. B. da; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Quantificação de metais pesados em peixes de um pesqueiro localizado na cidade de Umuarama. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 12, n. 1, p. 61-66, jan./jun. 2009.

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.

SIVAPERUMAL, P.; SANKAR, T. V.; NAIR, P. G. Viswanathan. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-à-vis international standards. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 612-620, 2007.

TSENG, C. H.; TAI, T. Y.; CHONG, C. K.; TSENG, C. P.; LAI, M. S.; LIN, B. J.; CHIOU, H. Y.; HSUEH, Y. M.; HSU, K. H.; CHEN, C. J. Long-term arsenic exposure and incidence of non-insulin dependent diabetes mellitus: a cohort study in arseniasis-hyperendemic villages Taiwan. **Environmental Health Perspectives**, New York, v. 108, n. 9, p. 847-51, Sept. 2000.

ULLAH, A. K. M. A.; MAKSUD, M. A.; KHAN, S. R.; LUTFA, N. M.; QURAIISHI, Shamshad B. Dietary intake of heavy metals from eight highly consumed species of cultured fish and possible human health risk implications in Bangladesh. **Toxicology Reports**, v. 4, p. 574–579, 2017.

VON STORCH, H.; COSTA-CABRAL, M.; HAGNER, C.; FESER, F.; PACYNA, J.; PACYNA, E.; KOLB, S. Four decades of gasoline lead emissions and control policies in Europe: A retrospective assessment. **Science of the Total Environment**, v. 311, n. 1–3, p. 151–176, July 2003.

WANGA, Q.; KIM, D.; DIONYSIOU, D. D.; SORIALA, G. A.; TIMBERLAKEB, D. Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systems: a literature review. **Environmental Pollution**, v. 131, n. 2, p. 323-336, Sept. 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) AND THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1998. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Second edition. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42716/9241546123.pdf;jsessionid=5EBB71DBC68D01E0685BA5B17A0A195?sequence=1> .

ZAHIR, F.; RIZWI, S. J.; HAQ, S. K.; KHAN, R. H. Low dose mercury toxicity and human health. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 20, n. 2, p. 351–360, Sept. 2005.

ZHONG, W.; ZHANG, Y.; WU, Z.; YANG, R.; CHEN, X.; YANG, J.; ZHU, L. Health risk assessment of heavy metals in freshwater fish in the central and eastern North China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 157, p. 343–349, Aug. 2018.



## **Biomarcadores Oxidativos da Ictiofauna do Baixo São Francisco**

Vivian Costa Vasconcelos<sup>1</sup>; Emerson Carlos Soares<sup>1</sup>; Themis de Jesus da Silva<sup>1</sup>; Anyta Santistebam<sup>2</sup>; Emilyly Valentim<sup>3</sup>

### **RESUMO**

A exposição aos poluentes ocasiona consequências nos níveis de organização biológica, celular e efeitos nos organismos, populações ou em todo ecossistema. Essas alterações bioquimicamente apresentam vantagens como biomarcadores oxidativos, que são considerados como as primeiras respostas às mudanças ambientais possíveis de serem detectadas e quantificadas. Esses biomarcadores são mais sensíveis às alterações nos níveis e na atividade das enzimas de biotransformação e nas espécies de EROS, alterando as concentrações de antioxidantes não-enzimáticos e pode causar danos associadas ao estresse oxidativo. O presente trabalho teve como objetivo identificar respostas de biomarcadores de estresse oxidativo no peixe no Baixo São Francisco. Para avaliar a exposição de peixes a poluentes presentes no Rio São Francisco, foi realizado coletas em pontos distintos do Baixo São Francisco. Quanto as análises enzimáticas mensuradas no fígado foram obtidas maiores atividades de SOD em exemplares de Porto Real do Colégio/AL, já com relação a CAT e MDA, os peixes capturados em Piranhas/AL apresentaram valores mais elevados. Os resultados enzimáticos mensurados em brânquias, obtiveram maiores atividades de SOD nos exemplares de Traipú/ AL, enquanto dados mais elevados de MDA, foram observados em Igreja Nova/AL.

**Palavras chave:** Biomarcadores, ictiofauna, enzimas, peixes.

### **INTRODUÇÃO**

O crescimento demográfico implica no aumento da demanda por recursos naturais, produção de compostos químicos e a utilização dos mesmos, esses fatores tem causado grandes impactos ambientais sobre os ecossistemas, essas condições somando com a deficiência de políticas públicas e a falta de saneamento básico implica no aumento da produção de esgotos domésticos in natura e cargas industriais para os ambientes aquáticos (Chiarello *et al.*, 2017). De acordo com (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016) esse contexto corrobora com a geração de impactos para os ecossistemas e estão relacionados a um problema de saúde pública.

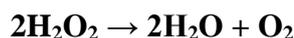
Os corpos hídricos recebem, consecutivamente cargas de produtos químicos exógenos ou xenobióticos, liberados pela população urbana, ribeirinha e indústrias, com o passar dos anos

além das cargas orgânicas convencionais, outros tipos de poluentes orgânicos como pesticidas organoclorados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, bifenilas policloradas, dioxinas e furanos, estão sendo produzidos e liberados nos ambientes aquáticos (van der Oost et al., 2003), esses compostos químicos em contato com os organismos aquáticos são captados e desempenham efeitos negativos em sua fisiologia, podendo causar danos no ciclo de vida e sobrevivência das espécies (Valavanidis *et al.*, 2009)

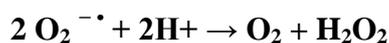
Entre a diversidade de substâncias que contaminam os rios do Brasil os efluentes domésticos e pesticidas são os mais representativos, na classe de pesticidas neonicotinóides se destacou no mercado desde o surgimento dos piretróides, sendo os mais utilizados na prevenção e controle de pragas e os neonicotinóides são utilizados em pragas de pulgões e moscas (Chiarello, 2016; Pires, 2013; Tomizawa & Casida, 2005).

De acordo com (CONAMA 420/09) a inclusão de substâncias químicas derivadas de atividade antrópica, como uso de agrotóxicos, remédios, cosméticos e metais em ecossistemas aquáticos, pode gerar risco à saúde e contaminação nos ambiente (Gomis, *et al.*, 2014) esses contaminantes são citados com plastificantes, hormônios, pesticidas, nanopartículas, compostos farmacêuticos e seus subprodutos da biotransformação, o contato desses compostos com os organismos aquáticos tem como consequência o estresse oxidativo, que ocorre quando há uma produção em excesso de espécies reativas de oxigênio (ERO) (Nishida, 2011), que é a resposta do sistema antioxidante em relação a situações de exposição a substâncias (Cotinguiba, 2013)

A catalase (CAT) é uma enzima que do sistema de defesa antioxidante e apresenta alta atividade quando organismos estão sob estresse oxidativo, por este motivo é um importante biomarcador em atividade de monitoramento e a mesma age na oxidação de compostos hidrogenados (metanol, etanol, ácido fórmico e fenóis, com o consumo de peróxido), o mais utilizado para estudos da atividade da CAT é baseado na geração do oxigênio na reação e medida do declínio na concentração de peróxido de hidrogênio (reação), (COGO et al., 2009) realizada por espectrofotometria no ultravioleta em comprimento de onda de ( $\lambda = 240\text{nm}$ ).



A Superóxido dismutase (SOD) pertence ao grupo das metaloenzimas que desenvolve ação antioxidante central, é indicada por sua presença em todos os organismos aeróbicos examinados, esta enzima catalisa a conversão do ânion reativo superóxido ( $\text{O}_2^- \cdot$ ) em peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (Halliwell & Gutteridge, 2005)



A peroxidação lipídica em porções biológicas, o método TBARS é um dos mais utilizados em tecidos de peixes que, este quantifica a formação de malondialdeído (MDA) que é um dos produtos finais da degradação do lipídio, reagindo com ácido tiobarbitúrico (Hermes-lima, 2004). Segundo (Stegeman *et al.*, 1992). A peroxidação lipídica é eficiente para ser utilizada como biomarcador, além de possuir potencial para quantificar a toxicidade de um determinado composto químicos.

A normativa de N° 84, de 15 de outubro de 1996, artigo 3°, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) considera os agrotóxicos potenciais de periculosidade ambiental (PPA) fundamentado nos parâmetros de persistência, transporte, bioacumulação, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico, carcinogênico, pois esses compostos químicos são definidos tóxicos com capacidade de oferecer o risco aos seres humanos e ao ecossistema. Diante deste cenário, se faz necessário avaliar o diagnóstico da contaminação em corpos hídricos que é relevante para diagnosticar o impacto decorrente de contaminantes e determinar métodos de prevenção. Portanto o presente trabalho teve como objetivo identificar respostas de biomarcadores de estresse oxidativo em peixes capturados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

## **METODOLOGIA**

As coletas foram realizadas em municípios que fazem parte do Baixo São Francisco, sendo eles: Piranhas/AL, Traipú/AL, Porto Real do Colégio/AL, Igreja/AL, Propriá/SE, Penedo/AL, Piaçabuçu/AL e Foz, entre 18 a 27 de novembro de 2019, os peixes foram coletados com auxílio de tarrafas (seis metros), em seguida foram retirados o fígado e brânquias dos indivíduos para determinação das análises enzimáticas da catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e o produto da peroxidação lipídica (malondialdeído), em seguida armazenado em nitrogênio líquido. As análises foram realizadas no Laboratório de Aquicultura e Análise de água UFAL/CECA.

### *Eutanásia e preparo das amostras*

Foi realizada a eutanásia, por meio de decapitação seguida de inserção de agulha metálica na porção cerebral, em seguida realizado a dissecação dos peixes, recolhendo-se fígados e brânquias e armazenados em nitrogênio líquido até o momento das análises.

Para o preparo dos homogenatos, os órgãos foram pesados e homogeneizado a 1:10 (p/v) em tampão fosfato de potássio com pH 7.4, em seguida as amostras foram centrifugadas

durante 10 minutos, a 4°C em rotação de 12.000 rpm, o sobrenadante foi utilizado para mensurar a atividade das enzimas.

#### *Atividade das enzimas e MDA*

##### *Superóxido dismutase*

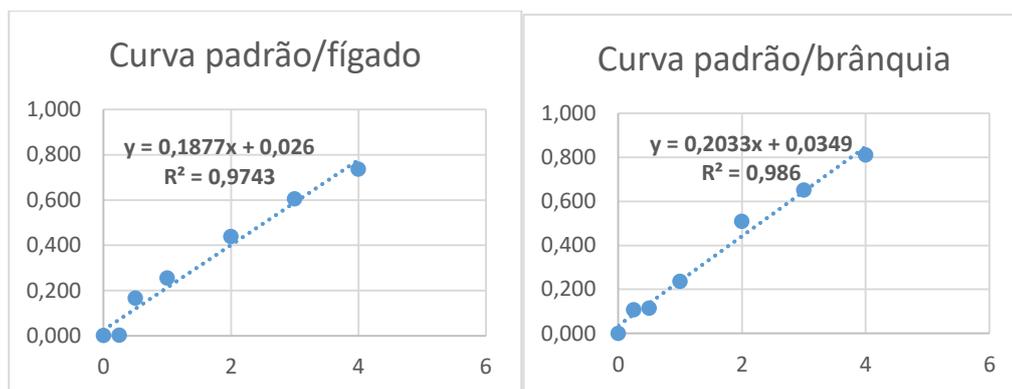
A atividade de SOD foi quantificada a partir da amostra dos órgãos após a dissecação brânquia e fígado foi mensurada em espectrofotômetro (190-1100nm do feixe (RBC) UV/Vis) baseado na aptidão desta enzima catalisar a reação do superóxido O<sub>2</sub><sup>-</sup> e o peróxido de hidrogênio e, assim, diminuir a razão de auto oxidação do pirogalol.

##### *Catalase*

A determinação da cinética enzimática da enzima catalase (CAT) foi realizada por meio da quantificação do consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, a atividade da CAT foi mensurada conforme o protocolo de Aebi (1984) através da taxa de queda da absorvância em 60 segundos do peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) (10 mM) em tampão fosfato de potássio 0.2 M com pH 7.0 e homogeneizado de tecido em espectrofotômetro ( $\lambda$ = 240nm). Para os cálculos foi utilizado o coeficiente de extinção molar do peróxido de hidrogênio  $\epsilon_{240} = 36 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}$ , os resultados foram expressos na unidade internacional de atividade enzimática (U) e em função da quantidade de proteína (U CAT/mg de tecido).

##### *Malondialdeído (MDA) / Ensaio de Tiobarbitúrico (TBARS)*

O sobrenadante resultante foi utilizado para as análises de malondialdeído (MDA), conforme o protocolo de Buege & Aust (1978). O sobrenadante do 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 em ebulição durante 40 minutos a 90 °C, resfriado sobre gelo. Posteriormente as amostras foram centrifugadas (10 minutos, 15°C, 2.500 rpm), o sobrenadante foi utilizado para medir a absorvância a 535 nm em espectrofotômetro BIOCHROM WPA LIGHTWAVE II (RBC) UV/Vis), 190-1100nm, os níveis totais de MDA em cada amostra foi determinado por meio de curva padrão a partir de concentrações conhecidas de 1,1,3,3-tetramethoxypropane (TMPO) (Figura 1)



**Figura 1.** Curva padrão das amostras de fígado e brânquia com valores de Y e  $R^2$  para calcular a quantificação da peroxidação lipídica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram mensuradas a atividade de SOD, CAT e MDA em 76 amostras de fígado e 76 amostras de brânquia, coletados nos diversos pontos do Baixo São Francisco, essas amostras foram adquiridas de várias espécies que estão descritas na tabela abaixo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Espécies e amostragem coletadas na região do baixo são Francisco para análises de estresse oxidativo.

Pontos	Amostras	N° de amostras	Espécie	Nome comum	N° de indivíduos
Piranhas/AL	1 ao 14	14	<i>Schizodon knerii</i>	Piau-de-vara	11
			<i>Pygocentrus piraya</i>	Piranha verdadeira	2
			<i>Cichla monoculus</i>	Tucunaré	1
Pão de açúcar/AL	15 ao 24	10	<i>Astronotus ocellatus</i>	Apaiari	3
			<i>Metynnis maculatus</i>	Pacu-disco	2
			<i>Cichla monoculus</i>	Tucunaré	2
			<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	1
			<i>Hoplias microcephalus</i>	Traira	1
Traipú/AL	25 ao 35	11	<i>Schizodon knerii</i>	Piau-de-vara	2
			<i>Cichla monoculus</i>	Tucunaré	1
			<i>Metynnis maculatus</i>	Pacu-disco	4
			<i>Prochilodus argenteus</i>	Curimatã-pacu	1
			<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	3
Propriá/SE	36 ao 50	15	<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	10
			<i>Metynnis maculatus</i>	Pacu-disco	2
			<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	3
Igreja nova/AL	51 ao 57	7	<i>Schizodon knerii</i>	Piau-de-vara	2
			<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	1
			<i>Metynnis maculatus</i>	Pacu-disco	4
Penedo/AL	58 ao 66	9	<i>Schizodon knerii</i>	Piau-de-vara	2
			<i>Metynnis maculatus</i>	Pacu-disco	5
			<i>Serrasalmus brandtii</i>	Pirambeba	2
Piaçabuçu/AL	67 ao 76	10	<i>Eugerres brasilianus</i>	Carapeba	4
			<i>Caranx latus</i>	Xáreu	2
			<i>Archosargus probatocephalus</i>	Sargo de dentes	1
			<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Piau três pintas	1
			<i>Tylosurus acus acus</i>	peixe agulha	1
			<i>Centropomus parallelus</i>	robalo	1
<b>Total de amostras</b>		<b>76</b>			

Baseando-se nos resultados do relatório de parâmetros físico-químicos da água, da expedição 2019, que revelou maiores níveis de potássio na região de Igreja nova e Piranhas, fósforo em Porto Real do Colégio e Penedo, sulfato em Penedo e os maiores níveis de coliformes fecais em Penedo, Propriá e Piaçabuçu; esses resultados coincidem com o aumento das atividades enzimáticas nesses mesmo pontos.

#### *Superóxido dismutase (SOD)*

Os resultados de SOD mensurados no fígado apresentaram níveis maiores da atividade desta enzima, nos organismos analisados em Porto Real do colégio/AL ( $P < 0,05$ ).

Foram observadas maiores atividades de SOD, no fígado dos peixes capturados em Porto Real, Penedo e Igreja Nova, com relação aos indivíduos de Pão de Açúcar, Traipú, Piaçabuçu e Piranhas (estas últimas não obtiveram diferenças significativas uma das outras), contudo Porto Real se destacou com maiores níveis de SOD (Tabela 2).

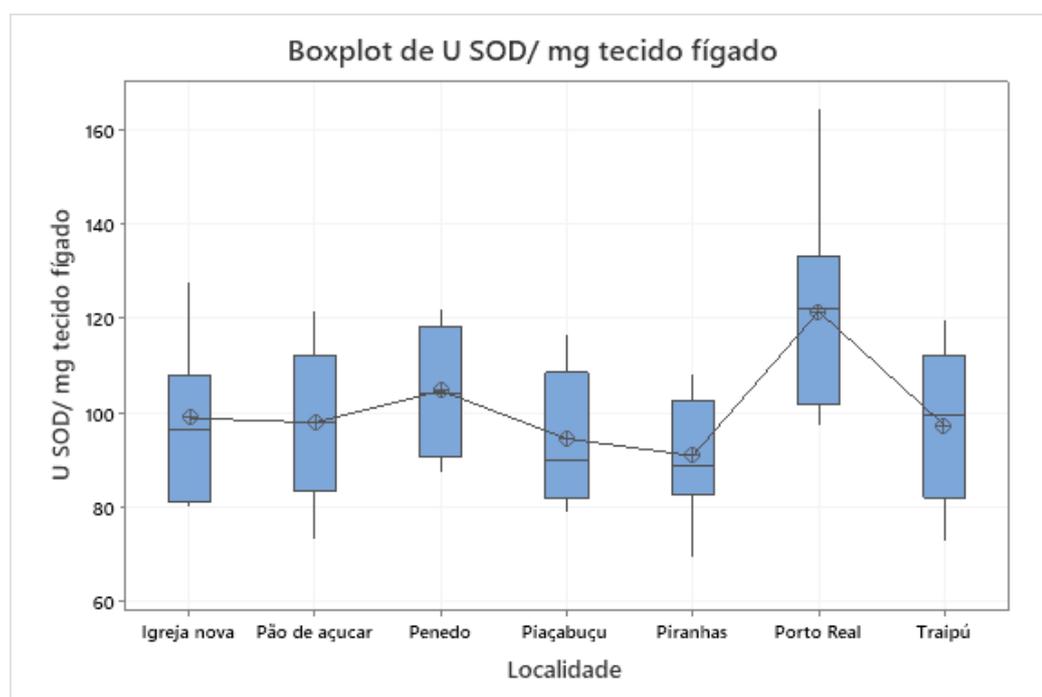
**Tabela 2.** Médias da atividade antioxidante de SOD em peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

<b>Localidade</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
Porto Real	10	121.48	A
Penedo	8	104.70	A B
Igreja nova	7	98.93	A B
Pão de Açúcar	8	97.98	B
Traipú	10	97.37	B
Piaçabuçu	8	94.55	B
Piranhas	12	90.96	B

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

Podemos observar no gráfico abaixo que Porto Real, se destacou com maiores níveis de SOD (Figura 2)

**Figura 2.** Figura. Atividade de SOD (U SOD mg/tecido) mensuradas em fígado de peixes da região do baixo São Francisco.



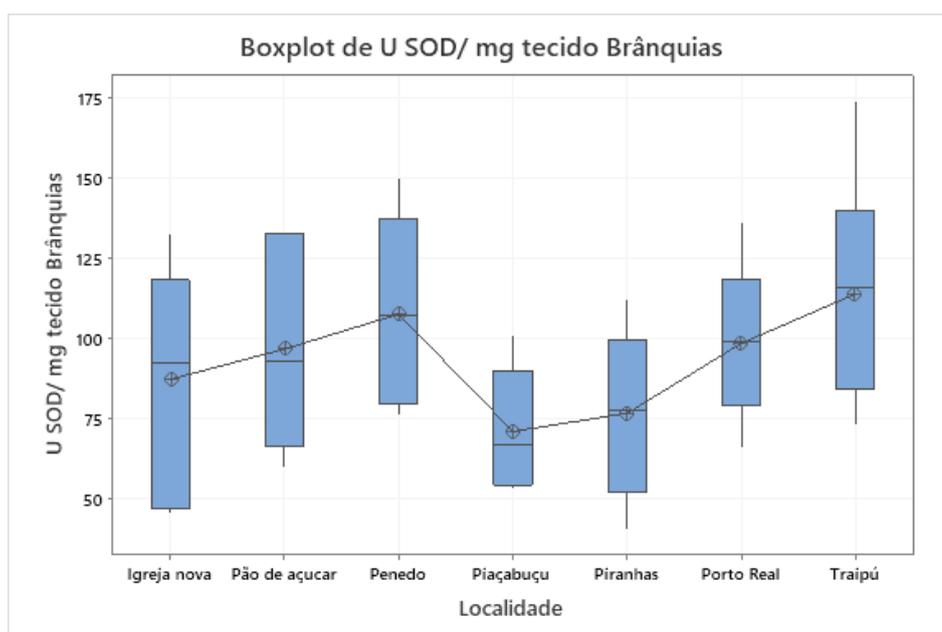
Solé *et al.*, (2011) afirma em seus estudos que o tecido hepático é o principal órgão de desintoxicação de substâncias químicas, onde a maioria dos poluentes se acumulam, podendo ocorrer danos, uma vez que os poluentes induzem a toxicidade, causando o stress oxidativo, decorrente do aumento de radicais livres de oxigênio.

Os resultados de SOD mensurados nas brânquias, apresentaram níveis maiores da atividade nos organismos analisados em Traipú/AL ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3)

**Tabela 3.** Médias da atividade antioxidante de SOD em brânquias de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco

Localidade	N	Média	Agrupamento
Traipú	10	113.9	A
Penedo	8	107.6	A B
Porto Real	13	98.52	A B
Pão de Açúcar	7	96.7	A B
Igreja nova	6	87.3	A B
Piranhas	12	76.67	B
Piaçabuçu	5	71.00	A B

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*



**Figura 3.** Atividade de SOD (U SOD mg/tecido) em brânquia de peixes da região do Baixo São Francisco.

Segundo Lopez-Lopez (2013), a brânquia é o principal órgão afetado pelos poluentes, pois estão expostas diretamente aos contaminantes do meio ambiente. Portanto, alterações de compostos com níveis mais elevados, podem comprometer a saúde dos organismos aquáticos, inibindo o seu desenvolvimento.

Em relação a presença de contaminantes, Van der oost et al., (2003) relata que a atividade da SOD tende a ser maior em peixes de locais poluídos, sugerindo que sua atividade pode ser usada para medir a severidade do impacto ambiental.

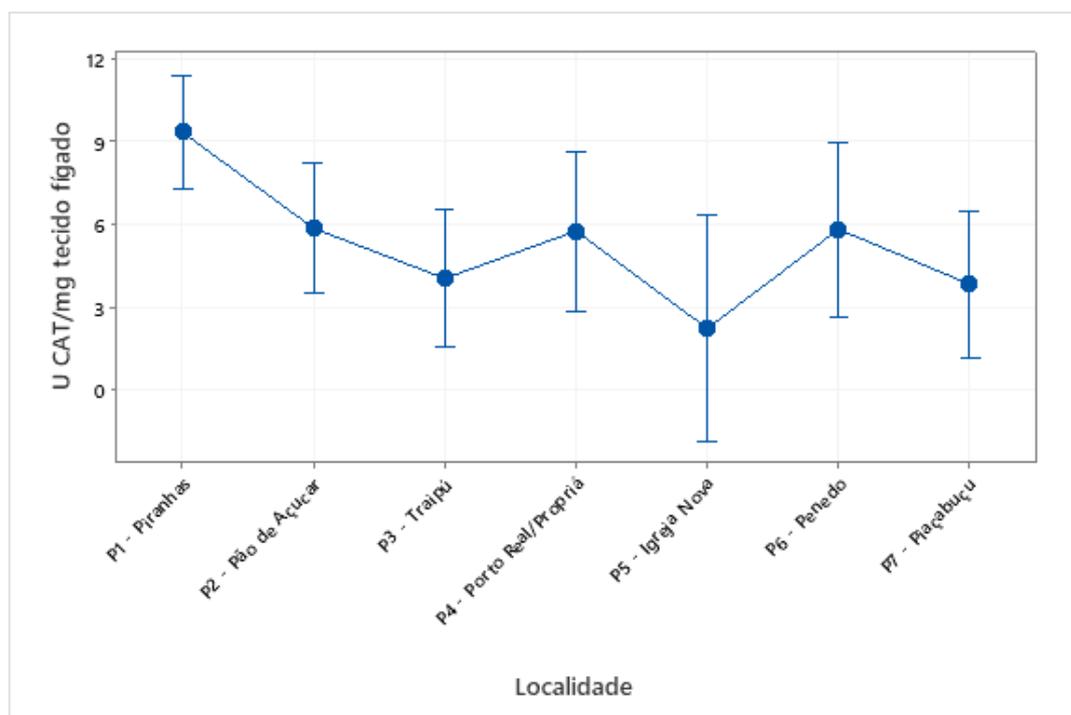
#### *Catalase (CAT)*

A catalase (CAT) mensurada no fígado dos organismos foi significativa ( $P < 0,05$ ) entre os pontos analisados. Foi possível observar que sua atividade mensurada no fígado dos peixes foi maior nos exemplares coletados nos municípios de Piranhas e Pão de Açúcar (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias da atividade antioxidante de CAT mensurada em fígado de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco

<b>Localidade</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
P1 - Piranhas	12	9.320	A
P2 - Pão de Açúcar	9	5.848	A B
P6 - Penedo	5	5.810	A B
P4 - Porto Real/Propriá	6	5.747	A B
P3 - Traipú	8	4.037	B
P7 - Piaçabuçu	7	3.829	B

Piranhas obteve os maiores índices da atividade da catalase, não obtendo diferenças em relação aos exemplares estudados de Pão de Açúcar, Penedo e Porto Real do Colégio. Essas todas diferiram de Traipú, Piaçabuçu e Igreja Nova (Figura 4).



**Figura 4.** Atividade de CAT ( $\mu$  Cat/ mg tecido) mensurada em fígado de peixes da região do Baixo São Francisco.

Alguns contaminantes como cobre e nitrito em altas concentrações podem inibir a atividade da CAT em peixes (Lackner, 1998). Esses fatores corroboram com os resultados presente neste trabalho, pois houve altas concentrações de nitrito de acordo com os resultados das análises de água da expedição de 2019, nos pontos de Igreja Nova, Piaçabuçu e Traipú e nesses mesmos pontos foi observado a diminuição da atividade da catalase mensurada no fígado. Por outro lado, dependendo da espécie de peixe ou hábito alimentar, estes podem bioacumular mais nutrientes em seus tecidos, causado pelos maiores níveis de estresse e inibindo certas funções fisiológicas.

#### *Malonaldeído (MDA)*

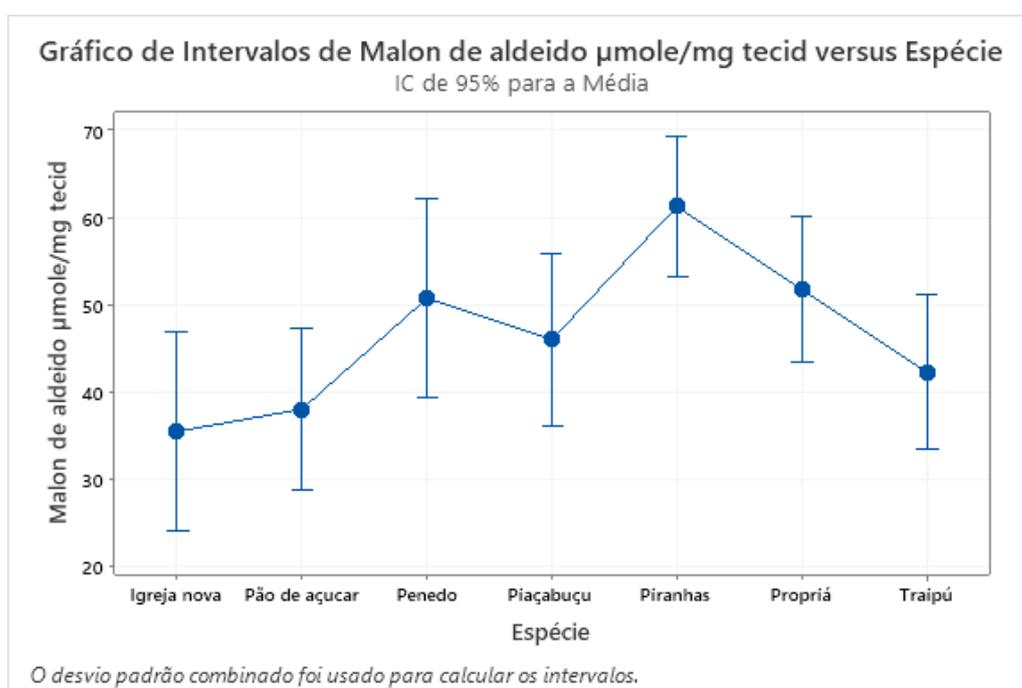
Para resultados de MDA mensurados no fígado, foi possível visualizar maior atividade de MDA no fígado dos peixes capturados em Piranhas (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias da atividade antioxidante de MDA mensurada em fígado de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
Piranhas	12	61.26	A
Propriá- Porto Real	11	51.76	A B
Penedo	6	50.74	A B
Piaçabuçu	8	45.99	A B
Traipú	10	42.28	B
Pão de Açúcar	9	38.03	B
Igreja Nova	6	35.46	B

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

Os peixes capturados em de Piranhas, Propriá e Penedo obtiveram índices similares e mais elevados de MDA (Figura 5).



**Figura 5.** Atividade de MDA ( $\mu\text{mol/ mg}$  tecido) mensurada em fígado de peixes da região do Baixo São Francisco.

Para os resultados de MDA mensurados em brânquias, foi possível observar, que a atividade da peroxidação lipídica foi maior nos exemplares coletados em Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e Pão de Açúcar (Tabela 6).

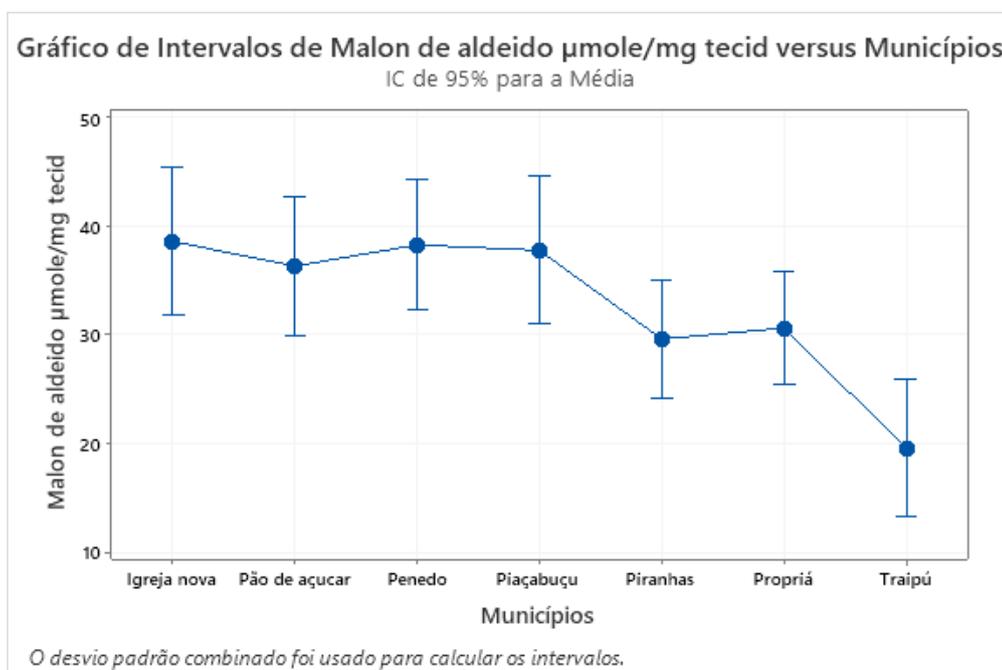
**Tabela 6.** Médias da atividade antioxidante de MDA mensuradas em brânquia de peixes coletados em diversos pontos do Baixo São Francisco.

<b>Municípios</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
Igreja Nova	7	38.61	A

Penedo	9	38.29	A
Piaçabuçu	7	37.78	A
Pão de Açúcar	8	36.34	A
Propriá-Porto Real	12	30.62	A B
Piranhas	11	29.61	A B
Traipú	8	19.56	B

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

Como demonstra o gráfico abaixo, exemplares capturados em Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e Pão de Açúcar obtiveram maiores atividades de MDA nas brânquias, esses mesmos pontos apresentaram níveis mais altos de sulfato, nitrito, sódio manganês e potássio de acordo com o relatório de análises de água da II Expedição Científica, como esses compostos podem ser indicativos de ambientes eutrofizados ou com indícios de poluição, pode haver correlação entre a atividade de MDA com a presença dos mesmos (Figura 6).



**Figura 6.** Atividade de MDA ( $\mu\text{mol}/\text{mg}$  tecido) mensurada em brânquia de peixes da região do baixo São Francisco.

Os peixes apresentam níveis de peroxidação lipídica semelhantes a outros vertebrados, porém, esse processo pode apresentar modificações dependendo do hábito alimentar da espécie, visto que a peroxidação lipídica tende a ser menor em peixes herbívoros do que nas espécies onívoras (Lackner, 1998). Essa justificativa pode explicar o comportamento da MDA em relação aos indivíduos coletados, uma vez que ocorreu variação em termos de espécies (com variados hábitos alimentares) entre os pontos estudados. Ademais, os peixes também fazem médias migrações e se deslocam para lugares mais distantes dos pontos onde foram

encontrados, desta forma, o contato do organismo com a substância ou fonte poluidora, pode ter ocorrido em região diferente de onde os exemplares foram coletados.

Os indicadores de estresse oxidativo são essenciais em estudos de monitoramento ambiental, com finalidade de demonstrar o estado redox celular, e pode fornecer inúmeras informações, servindo de ferramenta complementar, sendo necessária em trabalhos de biomonitoramento ambiental.

Podemos entender que os peixes são ótimos bioindicadores de impacto ambiental e dependendo do seu comportamento, hábitat e hábito alimentar poderemos inferir ou correlacionar, através das enzimas antioxidantes, o estado trófico e qualidade ambiental do ambiente.

## REFERÊNCIAS

Cogo, A, J, D. Utilização de enzimas do estresse oxidativo como biomarcadoras de impactos ambientais. **Natureza**. 7, 37–42, 2009.

Chiarello, M. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLCHRMS e sua relação com o uso e a ocupação do solo. **Química Nova**, 40, 158-165, 2107. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160180>.

Cotinguiba, G, G. Método de avaliação da defesa antioxidante: uma revisão de literatura. *Unopar Científica, Ciência e Biologia da Saúde* 15, 3, 2013.

Chiarello, M. et al. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLCHRMS e sua relação com o uso e a ocupação do solo. **Química Nova**, 40, 158-165, 2017. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160180>.

Gomis, J. Waste sourced bio-based substances for solar-driven wastewater remediation: Photodegradation of emerging pollutants. **Chemical Engineering Journal**, 235, 236–243, 2014.

Hermes-lima, M. **Oxygen in biology and biochemistry: role of free radicals**. In: STOREY, K.B. (ed.) *Functional metabolism: regulation and adaptation*. New York, John Wiley & Sons. 319-368. 2004.

Halliwell, B. & Gutteridge, J,M,C. **Free radicals in biology and medicine**. University Press, 3 936, 2005.

Lackner, R. “**Oxidative stress**” in fish by environmental pollutants. In: BRAUNBECK, T.; HINTON, D.E.; STREIT, B. (eds.) Fish ecotoxicology. Basel, Switzerland, Birkhäuser Verlag, p. 203-224. 1998.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. 978-85-334-1240-8.

Brasil,2006.[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)  
ACESSO:27/06/2020

Pires, E. P. Toxicidade de Hydroxymethylfurfural e Thiamethoxam para *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae). UFLA, 2013.

Sedeño-díaz, J. E.; López-lópez, E. **Fresh water fish as sentinel organism: from the molecular to the population level**, a Review. In: TURKER, H. (Ed.). New advances and contributions to fish biology. 2013. <http://dx.doi.org/10.5772/54825>

Sole, M.; baena, M.; ArnauA, S.; Carrassonb, M.; maynoua, F.; Cartes, J. E. Muscular cholinesterase activities and lipid peroxidation levels as biomarkers in several Mediterranean marine fish species and their relationship with ecological variables. **Environmental International**, 36, 202-211, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2009.11.008>

Stegeman, J.J.; Brouwer, M.; Di giulio, R.T.; Förlin, L.; Fowler, B.A.; Sanders, B.M.; Van Veld, P.A. **Molecular responses to environmentalcontamination: enzyme and protein systems as indicators of chemical exposure and effect**. Lewis Publishers, 235-335, 1992.

Tomizawa, M.; Casida, J. E. Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of Selective Action. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology** 45, 247–268, 2005.

Van der oost, R.; Beyer, J.; Vermeulen, N.P.E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. **Environ. Toxicol. Pharmacol.** 13: 57-149, 2003. [http://doi:10.1016/s1382-6689\(02\)00126-6](http://doi:10.1016/s1382-6689(02)00126-6)

Valavanidis, A.; Vlachogianni, T.; Fiotakis, C. 8-hydroxy-2'- deoxyguanosine (8-OHdG): a critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. Journal of Environmental Science and Health Part C: **Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews**, 27, 120–39. 2009. <https://doi.org/10.1080/10590500902885684>.

Nishida, Y. The chemical process of oxidative stress by copper (II) and iron (III) ions in several neurodegenerative disorders. **Monatsh Chem**, 142, 375-384, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00706-010-0444-8>



## **Avaliação do Conteúdo Estomacal dos Peixes Capturados no Baixo São Francisco**

Elton Lima Santos<sup>1</sup>; Ricardo Fabio Teodósio<sup>2</sup>; Elâne Pereira do Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Professor Associado, LAQUA-CECA, Universidade Federal de Alagoas*

<sup>2</sup>*Bolsistas de Iniciação Científica, LAQUA-CECA, Universidade Federal de Alagoas*

### **INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos os estudos relacionados ao Rio São Francisco têm se intensificado, pois sua grande dimensão torna este ambiente, vulnerável diretamente a ação antropogênica. Na bacia hidrográfica do São Francisco, particularmente no baixo São Francisco, o rio se encontra em avançado estado de interferência humana e conseqüentemente, a degradação deve ser estudada, visto o impacto sobre a macrofauna existente. Para a compreensão destes ecossistemas um dos caminhos pode ser o estudo da utilização dos alimentos pelas espécies de peixes, pois as informações disponíveis são ainda escassas, principalmente quanto à origem das fontes de alimentos e as relações com as áreas adjacentes.

A presença de organismos sensíveis a alterações antropogênicas é uma condição frequentemente observada em ambientes considerados menos alterados (Araújo, 1998). De acordo com Lyons et al. (1995), os ambientes aquáticos com boas condições de integridade possuem estrutura trófica é equilibrada, com ampla gama espécies de peixes nativas de várias

classes de tamanhos. Entretanto, à medida que a influência antrópica aumenta, as espécies mais sensíveis começam a diminuir e a estrutura trófica é alterada, ocorrendo seu desbalanceamento.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar as variações qualitativas e quantitativas das espécies de peixes e dos recursos alimentares consumidos pelas mesmas, durante a II Expedição científica do baixo São Francisco.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Rio São Francisco, entre os municípios de Piranhas e Piaçabuçu, no Estado de Alagoas. As amostragens foram desenvolvidas no curso inferior do rio, onde foram estabelecidos pontos ao longo da vazão da extensão do rio. As coletas ocorreram diariamente, em horários distintos, no período diurno, durante o período de embarcação da II Expedição Científica do Baixo São Francisco, em novembro de 2019.

Para análise dos itens alimentares foram realizadas comparações qualitativa e quantitativa dos percentuais de ocorrência e dos pesos por espécie e no total dos peixes, em cada trecho de coleta. Seguiu-se a metodologia de avaliação e análise do conteúdo estomacal dos peixes, constando da combinação dos métodos de frequência de ocorrência e do método volumétrico, adaptado de Kawakami & Vazzoler (1980).

Foram analisados os estômagos de amostras de peixes por ponto de coleta e por espécie, totalizando 113 exemplares. Para a análise do conteúdo estomacal, foram determinados a frequência volumétrica através de observação ocular *in loco*, a presença do item alimentar e o índice de repleção. O índice de repleção do estômago foi determinado com base na avaliação quantitativa de alimento no estômago, expresso em porcentagem (Namora, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão expressos abaixo na tabela 1, os dados observados das amostras de peixes capturadas durante a II Expedição Científica do baixo São Francisco, assim como os valores médios dos índices de repleção do estômago.

**Tabela 1.** Dados coletados para avaliação de conteúdo estomacal dos peixes capturados durante a II Expedição Científica do baixo São Francisco.

Espécies	Classe de comprimento (cm)	Classe de peso (g)	Total de exemplares	IR n (% de
----------	-------------------------------	-----------------------	------------------------	---------------

	total	padrão	(n)	enchimento)
Tucunaré	28,0-28,5	24,0-23,5	260-310	4 n=2 (0%) n=2 (100%)
Piau branco	28,2-39,0	25,6-34,5	305-1000	19 n=8 (0%) n=6 (25%) n=4 (50%) n=1 (75%)
Piau três pintas	27,4-32,0	23,0-27,8	245-580	4 n= 1 (0%) n=2 (25%) n=1 (50%)
Pacu	13,6-20,8	11,0-14,0	75,0-140,0	42 n= 25 (0%) n=10 (25%) n=3 (50%) n=4 (75%)
Tambaqui	20,3-30,0	17,2-25,0	230,0-595,0	13 n= 7 (0%) n= 3 (25%) n= 3 (50%)
Pirambeba	16,2-22,5	14,0-20,0	95,0-260,0	14 n= 8 (0%) n= 3 (25%) n= 2(50%) n=1 (75%)
Carapeba	15,0-17,8	13,3-14,0	70,0-90,0	5 n= 4 (25%) n= 1(50%)

Algumas espécies foram encontradas apenas em um dos pontos de coleta, já outras espécies foram amostradas em pequeno número, a exemplo do curimatã-pacu (n=1), Piranha (n=2), traíra (n=1), robalo (n=1), xaréu (n=1), cará-açu (n=3), robalo (n=1), gobide (n=1), sargo de dente (n=1), pampo (n=1).

A espécie com maior número de indivíduos amostradas foi o pacu, entretanto foi o peixe em que também foi verificado uma maior taxa de retenção, o que pode ser devido ao aumento da vazão do rio durante o período da expedição, dissipando o principal alimento para essas espécies, diminuindo a produção e alimentação de fitoplâncton. Já nos animais onde foi possível observar e analisar o conteúdo estomacal, foi verificado a forte presença de fitoplâncton na forma de algas na sua composição, sendo em muitos casos correspondentes a

totalidade do conteúdo, apesar de verificadas restos em decomposição de partes de insetos e moluscos, contudo em menor proporção. As mesmas observações podem ser refletidas também para as espécies de piau branco e piau três pintas capturadas, onde a maior parte da composição estomacal foi composta por algas. Restos de materiais vegetais não identificados também foram observados.

As figuras abaixo, expressam a abertura do estômago através de corte longitudinal e identificação dos componentes por frequência dos itens e percentual.



**Figura 1 (A e B).** Procedimentos durante a análise do conteúdo estomacal dos peixes capturados.

As espécies avaliadas e capturadas durante a Expedição, são de certo modo, as espécies de maior importância socioeconômica para a região do Baixo São Francisco, sendo uma das principais espécies de peixes capturadas e consumidas pela população ribeirinha do Rio São Francisco. O conhecimento do perfil de alimentação natural ao qual essas espécies estão sendo submetidas é de grande pertinência para a avaliação das condições de equilíbrio ecológico ao qual essas espécies se encontram, e conseqüentemente ao equilíbrio ecológico do Rio.

As categorias tróficas identificadas demonstraram uma dieta composta por diferentes e variados itens ao longo das diversas localidades de coleta. Para diversas espécies de peixes foi registrado insetos, camarão, outros invertebrados, peixes e partes, material digerido, detritos, sedimentos, material vegetal, moluscos e algas. Quanto a guilda de animais carnívoros predominou o item peixes e escamas, camarões e moluscos.

Há de se ressaltar a grande quantidade de algas, como componente estomacal dos peixes, desse modo, vale destacar que durante o período da Expedição houve um aumento da vazão ou volume de água proveniente da abertura das comportas das hidrelétricas a jusante do Rio. Obviamente isso veio a interferir diretamente sobre a composição alimentar e do conteúdo estomacal observado *in loco* dos peixes, principalmente levando em consideração as espécies

com hábito alimentar consideradas onívoras-planctofaga. Nesses casos pode-se destacar as espécies de peixes como o Piau branco, o piau três pintas e o pacu.

Deste modo, Santos (2014) afirma que a mudança no volume de água ao que os reservatórios são considerados um fator relevante quando relacionado à estrutura trófica, podendo ocasionar de forma significativa nas mudanças na dieta natural dos peixes, uma vez que as variações hidrológicas afetam a disponibilidade dos recursos alimentares.

No entanto, foi possível observar também que o conteúdo estomacal também foi influenciado pelo local em que os peixes foram capturados, pois existem espécies que foram encontradas em maior abundância mais a jusante da foz do rio, destaca-se as espécies de carapeba, ao qual só foram encontradas em Piaçabuçu e de acordo com a avaliação preliminar in loco do conteúdo estomacal, quase na sua totalidade foram encontrados detritos minerais, provando assim a alta capacidade dessa espécie de procurar alimentos, sendo validado por sua anatomia funcional da boca proeminente virada para baixo, que é uma adaptação para este tipo de procura de alimento. Vale ainda ressaltar a pequena presença de restos do que parecem ser poliquetas, corroborando a afirmação anterior, já que as oligoquetas vivem enterradas no substrato do fundo do rio.

Algumas espécies que não são nativas, ou seja, exóticas e que são predadores carnívoras vorazes também foram capturadas e analisadas a composição estomacal, a exemplo do tucunaré. Ao qual foram observados no conteúdo estomacal dessa espécie a presença de pequenos peixes e crustáceos, revelando a forte ameaça que essa espécie pode ter sobre a sobrevivência e desenvolvimento de formas jovens de peixes e camarões nativos do rio São Francisco, podendo inclusive desequilibrar a teia alimentar de muitas outras espécies. No entanto também foram observados para a espécie tucunaré estomago vazios, o que pode ser devido a rápida digestão, ou a falta de alimento. Da mesma forma ocorreu em relação a espécie de peixe pirambeba, que também é uma espécie carnívora e que também foram encontrados restos de crustáceos e pequenos peixes, além de estômagos vazios.



**Figura 2 (A e B).** Visão detalhada do conteúdo estomacal dos peixes *in loco*.

O tambaqui é considerado uma espécie de peixe não endêmica e exótica do Rio São Francisco, sendo originalmente proveniente da bacia hidrográfica amazônica, mesmo sendo umas das principais espécies de peixes produzidas e consumidas a partir da piscicultura no Brasil, inclusive no estado de Alagoas, perdendo apenas para a tilápia. Foram capturados tambaquis apenas na região próxima ao Município de Porto Real do Colégio, o que desperta curiosidade, pois foram realizados vários pontos de coleta a jusante e a montante deste local e não foram encontrados tambaqui nas capturas. Dos tambaquis em que o índice de repleção do estomago não estava em 0%, ou seja, vazio, foram encontrados principalmente restos de crustáceos, conchas de gastrópodes e de massunin, que não bivalves comuns na região, além de detritos e material vegetal não identificáveis.

**Tabela 2.** Presença dos itens alimentares das principais espécies de peixes coletadas durante II Expedição Científica do baixo Rio São Francisco.

Itens alimentares	Espécies de peixes						
	tucunaré	Piau branco	Piau três pintas	pacu	tambaqui	pirambeba	carapeba
Algas e fitoplâncton	-	+	+	+	+	-	+
Poliquetas	-	-	-	-	-	-	+
Detritos e sedimentos	-	+	+	+	+	-	+
Partes de insetos	-	+	-	+	-	-	-
Material vegetal	-	+	+	+	+	-	-
Crustáceos	+	-	-	+	+	+	-
Peixes	+	-	-	-	-	+	-
Escamas	+	-	-	+	-	+	-
Conchas de	-	-	-	+	+	+	-

moluscos							
Material							
não	+	+	+	+	+	+	+
identificável							

Assim, a verificação e análise do conteúdo estomacal dos peixes, baseando-se na dieta natural dos peixes capturados durante a II Expedição Científica no baixo Rio São Francisco, apresenta de forma genérica que os principais itens alimentares explorados por essa comunidade de peixes baseia-se em algas, vegetais, insetos e crustáceos, para a maior parte das espécies, apontando indícios de que a onivoria possa ser o principal comportamento trófico desta comunidade. Entretanto a exceção se faz para as espécies comprovadamente carnívoras, como as espécies: tucunaré, pirambeba e traíra, ao qual os principais itens alimentares presentes foram partes de peixes e crustáceos. Não obstante a essas informações, foram verificadas que as espécies que possuíam uma maior abrangência e variedade de itens alimentares foram as que foram coletadas em maior quantidade e com maior facilidade durante o período de coleta.

De forma geral, o estudo do conteúdo estomacal dos peixes e dos seus hábitos alimentares se mostram de extrema importância para a amplitude do entendimento da dinâmica do rio São Francisco, no seu espaço e distribuição temporal e espacial das espécies. Esses estudos podem servir como uma valiosa ferramenta de estratégias de manejo sustentável de espécies com potencial uso na aquicultura ou para a conservação de espécies nativas do Rio São Francisco.

Oliveira (2015) destaca e reconhece que há esforços científicos focados nesta questão no estudo e que nas últimas décadas tem ocorrido um aumento nos estudos relacionados à alimentação natural de peixes, sendo mais intensificados para as regiões norte, sul e sudeste do Brasil. No entanto, a maior parte do conhecimento relacionado à dieta e hábito alimentar de peixes no Brasil se concentra para espécies de maior interesse comercial, sendo os estudos sobre a fisiologia, alimentação e possíveis protocolos de manejo de criação e nutricional de peixes nativos ainda repelidos a poucos estudos.

Deste modo, em se tratando de pesquisas com manejo nutricional e alimentação de espécies nativas do Rio São Francisco, o conjunto de informações científicas é ainda mais escassa. Vale destacar a baixa quantidade de peixes capturados durante a expedição de curimatã-pacu, ou até mesmo a ausência de captura de peixes como o surubim, fato que é corroborado por relatos informais de pescadores e da população, ao longo de todo o rio. Espécies como o curimatã-pacu e o surubim, que são espécies nativas, possuem grande importância na cadeia trófica do rio, são espécies de peixes de ampla aceitação pelo mercado

consumidor, sendo assim promissoras para a aquicultura. Entretanto, medidas de estímulo ao cultivo e para o estudo de protocolos de criação dessas espécies, dentre outras, devem ser implementados, para tal o conhecimento de dietas que possam ser sustentáveis economicamente e ecologicamente, perpassam pelo estudo da dieta natural desses animais.

Um outro aspecto a ser considerado ainda, é que a avaliação do conteúdo estomacal dos peixes, pode ser também um instrumento balizador na avaliação da condição ecológica do Rio, dentre os seus diversos, de equilíbrio ecológico com a população ribeirinha e o seu uso como forma racional ou sobre explorado. Fato esse a ser relatado, visto que em um dos animais analisados foi encontrado uma grande quantidade de plástico e material laminado, quando da análise do conteúdo estomacal. Esse evento leva a reflexão de como o Rio São Francisco está sendo utilizado, e que deve atenção da população e das autoridades competentes.

## **REFERÊNCIAS**

OLIVEIRA, J.C.D. Alimentação da Ictiofauna do Reservatório de Umari, Upanema/RN, Brasil. Dissertação de Mestrado (Ciências Naturais), Mossoró-RN, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 54p. 2015.

SANTOS, N.C.L.; MEDEIROS, T.N.; ALROCHA, A.A.F.; DIAS, R.M.; SEVERI, W. Uso de recursos alimentares por *Plagioscion squamosissimus* – piscívoro não-nativo no reservatório de Sobradinho-BA, brasil. Boletim Instituto de Pesca, v. 40, n. 3, p. 397-408, 2014.



## **Caracterização Histológica de Peixes do Baixo São Francisco: Estudo do intestino, fígado e brânquias.**

Priscylla Costa Dantas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas

### **INTRODUÇÃO**

A bacia do Rio São Francisco está entre as maiores da América do Sul, possui variadas feições geográficas e sua área engloba importantes biomas como Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Langeani; Souza; Christofolletti, 2009; Belei et al., 2016), o que lhe confere uma rica e diversificada ictiofauna, com ocorrência de inúmeras espécies endêmicas (Barbosa et al., 2017), muitas delas de importância ambiental, social e econômica.

Apesar dos inúmeros problemas ocasionados pelo represamento do rio, sucessivos barramentos, salinidade e poluentes na região do Baixo São Francisco, a pesca ainda é uma das atividades de subsistência mais importantes. Em levantamentos realizados por Barbosa & Soares (2009), Soares et al. (2011) e Barbosa & Soares (2017), os autores constataram abundância de espécies nativas de grande importância na alimentação humana e alvo de pesca intensiva.

De acordo com dados obtidos do Relatório da II Expedição Científica do Baixo São Francisco, entre as espécies coletadas, pode-se destacar as endêmicas pirambeba *Serrasalmus brandtii* (Characiformes, Serrasalminidae) e pacu-prata *Myleus micans* (Characiformes, Serrasalminidae), as espécies nativas piau-verdadeiro *Megaleporinus obtusidens*, piau-branco

*Schizodon knerii*. (Characiformes, Anostomidae), as espécies introduzidas tucunaré *Cichla monoculus*, acará-boi *Astronotus ocellatus* (Perciformes, Cichlidae), tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes, Serrasalmidae) e a espécie marinha carabepa *Eugerres brasilianus* (Perciformes, Guerreidae) (Relatório da expedição, 2019).

Ainda segundo o relatório, foi evidenciado o empobrecimento de algumas espécies nativas na composição das capturas, sendo constatado a diminuição de curimatãs-pacús e pilombetas, onde ocorreu aumento de espécies da ordem Perciformes e de espécies eurihalinas, marinhas e exóticas com relação as nativas (Relatório da Expedição, 2019).

A diversidade de peixes nativos com diferentes hábitos e comportamento alimentar, apresentam-se como uma vasta área de estudo, principalmente no que se refere às características morfofisiológicas (Rodrigues; Navarro, Menin, 2006). O trato digestório dos Teleósteos de água doce atrai atenção de pesquisadores devido ao elevado grau de variações estruturais que possibilita a compreensão dos mecanismos de ingestão, digestão e absorção dos alimentos (Menin, 1988; Ferreira et al., 2013; Santos et al., 2015).

Os peixes dulcícolas, em sua maioria, possuem hábito alimentar generalista, pouco especializado, uma condição necessária para ingerir, digerir e absorver os diferentes tipos de alimentos, explorando uma grande diversidade de itens alimentares disponíveis (Rotta, 2003). A morfologia do sistema gastrointestinal de peixes permite relacionar o hábito alimentar natural ao longo do seu desenvolvimento, já que eles possuem estruturas específicas envolvidas no processo digestivo (Morais et al., 2014; Alabssawy; Khalaf-Allah; Gafar, 2019).

Morfológicamente, um intestino típico do teleósteo é uma estrutura tubular que começa na boca e termina no ânus. Ao ser ingerido, o alimento é processado na boca e levado ao esôfago, que, com auxílio da mucosa secretora, transporta para o estômago. O estômago atua na digestão dos alimentos, uma função que é completada no intestino. O intestino é o principal órgão de absorção de nutrientes, geralmente auxiliado pelos cecos pilóricos, que são apêndices que servem para aumentar a área superficial do intestino. O alimento não digerido é levado para o reto e expelido pelo ânus (Rotta, 2003; Day, Tibbetts; Secor, 2014; Gu et al., 2014).

O trato digestório dos peixes possui importantes glândulas anexas, constituídas pela vesícula biliar, o pâncreas e o fígado (Rotta, 2003) e é compartilhado com o sistema respiratório, principalmente pela presença das brânquias e das valvas orais que estão envolvidas na mecânica respiratória (Rodrigues; Menin, 2006).

O canal alimentar dos peixes é um dos principais sistemas que possui interação direta com o meio ambiente (Purushothaman et al., 2016). Esses organismos aquáticos são sensíveis à exposição a produtos químicos e acumulam poluentes diretamente através da água ou pela

ingestão de outros organismos contaminados (Matsumoto et al., 2006). Os peixes, mais que outros vertebrados, respondem prontamente à complexidade ambiental (Joblin, 1995), que podem resultar em alterações que prejudicam a realização de suas funções fisiológicas e efeitos adversos a curto, médio ou longo prazo.

Os peixes têm sido amplamente utilizados em estudos experimentais, tanto em avaliações de saúde dos ecossistemas aquáticos como em estudos toxicológicos (Castaño et al., 2008; Fontanetti et al., 2012; Yancheva et al., 2015; Wolf e Wheeler, 2018; Al-Otaibi et al., 2018). Os estudos são realizados através de análises histológicas, histoquímicas e histopatológicas (Rocha et al., 2010; Pinheiro et al., 2017), sendo o intestino e as brânquias importantes órgãos acumuladores de poluentes que os transferem para o fígado para serem biotransformados por meio de enzimas e então ser excretados (Heath, 1997). Diante disso, é importante ressaltar que a histopatologia é um método eficaz para detectar os diversos efeitos da exposição aguda ou crônica nos vários tecidos e órgãos (Hinton et al., 1992).

Devido à escassez de pesquisas relacionadas às adaptações nas estruturas *anatomohistológicas* do trato digestivo, bem como às alterações patológicas relacionadas com a contaminação ambiental, a investigações sobre a morfologia das células do intestino, das brânquias e do fígado dos peixes do Baixo São Francisco são indispensáveis para a compreensão de intoxicações celulares em organismos aquáticos que podem propiciar subsídios para importantes pesquisas sobre detecção de impactos ambientais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram analisadas histologicamente amostras de tecidos do fígado, brânquias e intestino de 30 diferentes peixes pertencentes a nove espécies, coletadas em sete pontos da região do Baixo São Francisco. As espécies estudadas incluem a *Cichla monoculus* (Tucunaré), *Schizodon knerii* (Piau branco), *Megaleporinus obtusidens* (Piau 3 pintas) coletados no município de Piranhas, *Metynnis maculatus* (Pacu), *Serrasalmus brandtii* (Pirambeba) coletados em Pão de Açúcar, *C. monoculus* e *Astronotus ocellatus* (Acara-boi) coletados em Traipu, *Colossoma macropomum* (Tambaqui) e *S. brandtii* coletados em Propriá, *S. knerii* e *M. maculatus* coletados em Igreja Nova, *S. knerii* e *M. maculatus* coletados em Penedo e *M. obtusidens* e *Eugerres brasiliensis* (Carapeba) coletados em Piaçabuçu.

Após captura, peixes coletados foram identificados, dissecados e os intestinos, fígados e brânquias, fixados em formol a 10% e após 48 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.

Para realização das análises histológicas, foram retirados fragmentos do intestino médio, do fígado e das brânquias e acondicionados em tubos de eppendorf de 2mL Posteriormente realizou-se a desidratação em série alcoólica crescente a 80 e 90% (10 minutos cada) e três banhos de 10 minutos cada em álcool etílico a 99%. As amostras foram infiltradas, à temperatura ambiente, primeiro em um banho de duas horas com uma mistura de historesina (Leica®) e álcool (1:1) e depois mantidas imersas em historesina pura por 24h. O material foi incluído em historesina e transferido para moldes de polietileno (histomold) 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 transferidos para lâminas histológicas, que foram colocadas em placa aquecida a 40 °C por 15 minutos para que as secções de historesina ficassem distendidas e aderidas à lâmina. Posteriormente, os cortes foram corados com hematoxilina de Harris, por 30 minutos, lavados em água corrente por 5 minutos, corados com eosina por 30 segundos e lavados novamente. Para proteção do material, lamínulas foram aderidas às lâminas usando Entellan® (Merck Millipore) como meio de montagem. Em seguida, o material foi fotografado em microscópio de luz com câmera digital seguindo o protocolo vigente do laboratório de microscopia/CECA.

Nos estudos histopatológicos, algumas lâminas foram separadas antes de serem coradas e realizados testes por meio da reação do reativo de Schiff (PAS). As reações de PAS permitem evidenciar a presença de polissacarídeos neutros, que possuem grupo glicol em suas estruturas. Posteriormente, as lâminas foram fotografadas em microscópio de luz e realizada a análise das estruturas celulares do intestino, fígado e brânquias dos peixes.

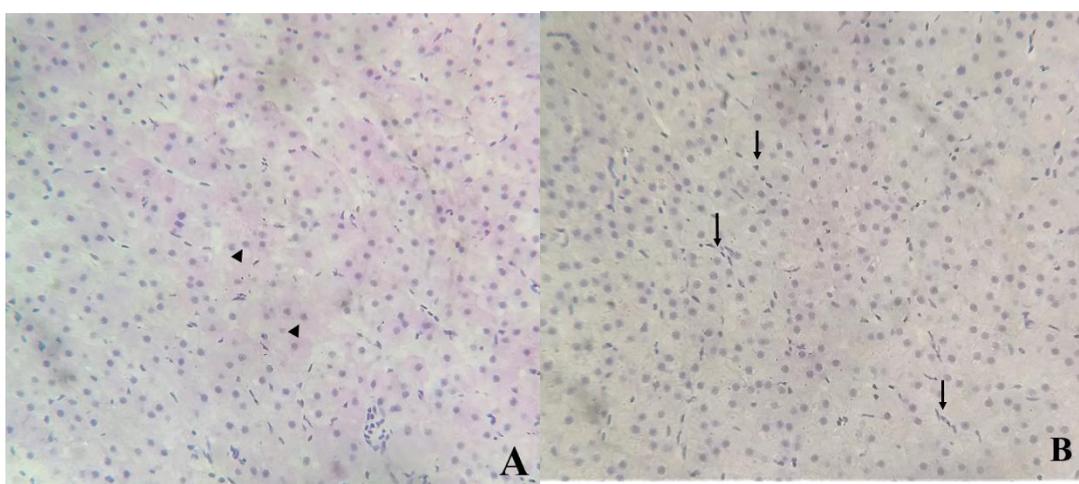
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Análise histológica dos órgãos das espécies coletadas no Baixo São Francisco Fígado*

De maneira geral, a análise do fígado das espécies de peixes estudadas possui as características gerais encontradas na maioria dos Teleósteos. O parênquima hepático é composto basicamente por hepatócitos com formato poliédrico, podendo ser de oval a polígonos irregulares, com bordas distintas e estão dispostos radialmente em torno da veia central com uma dupla camada celular delimitada por sinusóides (capilares sanguíneos de pequeno calibre) formando os cordões de hepatócitos (Figura 1A). Os sinusóides são capilares

que ocupam o espaço entre as placas de hepatócitos. Segundo El-Bakary e El-Gamma (2010), a estrutura hepatócito-sinusoidal é fisiologicamente importante, não apenas porque os hepatócitos ocupam grandes moléculas do sinusóide, mas também porque um grande número das macromoléculas é secretada nesses vasos.

Os hepatócitos possuem citoplasma claro, com um núcleo, geralmente esféricos, basófilos, centrais ou levemente periféricos com quantidades variáveis de heterocromatina. Apresentam nucléolo único evidente e central (Figura 1B).



**Figura 1.** Fotomicrografia do tecido hepático de peixes. HE, obj. 40x. A) Hepatócitos de Pirambeba com aspecto normal, mostrando núcleo arredondado e basófilo (cabeça de seta). B) Tecido hepático de Tunucaré com aspecto uniforme e pequenos vasos sinusóides entre os hepatócitos (seta). Espécimes coletados em Propriá e Porto Real do Colégio.

Dentre os resultados encontrados, foi constatado que as espécies *C. monoculus*, *S. knerii*, *A. ocellatus* e *E. brasiliensis* possuem a porção exócrina do pâncreas associada ao fígado, comum em peixes, e chamado hepatopâncreas. Uma característica marcante são as “ilhas” de tecido pancreático comumente encontradas dispersas no tecido hepático de algumas espécies de peixes. Este tecido pode ser diferenciado do tecido hepático por apresentar ácinos pancreáticos, em arranjo acinar e também pelo septo de tecido conjuntivo separando-o dos hepatócitos (Genten; Terwinghe; Danguy, 2009).

Em nenhuma das espécies aqui estudadas foi possível constatar as tríades portais, as quais são constituídas por ramificações da veia porta, da artéria hepática e ducto biliar, características típicas do fígado dos mamíferos. Segundo Bruslè e Anadon (1996), as tríades portais são indistintas, podendo ser ausentes em algumas espécies de teleósteos. No entanto,

estudando tecido hepático do fígado de *Oreochromis niloticus* Figueiredo-Fernandes et al. (2007) constataram a frequente a presença dos pancreócitos.

A histologia do parênquima hepático revelou alterações celulares de diversos graus nos peixes. A análise microscópica mostrou que 93% dos exemplares estudados apresentaram alguma alteração hepáticas. Os diagnósticos hepáticos incluíram infiltração leucocitária, vacuolização dos hepatócitos, dilatação dos vasos sinusóides, congestão, necrose, presença de centros de melanomacrófagos (CMM) e melanomacrófagos livres (FIGURAS 3). A tabela 1 demonstra quais os tipos de alterações celulares encontrados em cada uma das espécies amostradas nos diferentes pontos de coleta. Das espécies de peixes estudados, todas apresentaram alguma manifestação patológica no fígado, mesmo em grau leve.

**Tabela 1.** Alterações histológicas encontradas na análise de fígados dos peixes coletados

Ponto de coleta	Nome comum	Nome científico	Alteração histológica
Piranhas	Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i>	Infiltração de leucocitária
	Piau branco	<i>Schizodon knerii</i>	Infiltração leucocitária
	Piau 3 pintas	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Vacuolização Infiltração leucocitária
Pão de Açúcar	Pacu	<i>Metynnis maculatus</i>	Vacuolização
	Pirambeba	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Infiltração leucocitária
	Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i>	Vacuolização
Traipu	Acará-boi	<i>Astronotus ocellatus</i>	Necrose
	Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	CMM e melanomacrófagos livres
Propriá	Pirambeba	<i>Serrasalmus brandtii</i>	-----
Igreja Nova	Piau Branco	<i>Schizodon knerii</i>	vacuolização
	Pacu	<i>Metynnis maculatus</i>	congestão
Penedo	Piau Branco	<i>Schizodon knerii</i>	congestão

	Pacu	<i>Metynnis maculatus</i>	Vacuolização Necrose (leve)
	Piau 3 pintas	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Congestão CMM
Piaçabuçu	Carapeba	<i>Eugerres brasilianus</i>	----

As amostras de Tucunaré apresentaram alterações nas coletas dos municípios de Piranhas e Traipu, os espécimes possuíam infiltração de leucócitos, vacuolização dos hepatócitos e presença de centro de melanomacrófagos (Figura 2 A-B). O acúmulo de leucócitos, principalmente neutrófilos e células derivadas de monócitos, é uma característica importante da reação inflamatória (Bechara; Szabó, 2009). Ainda segundo os autores, os leucócitos possuem capacidade de incorporar e degradar bactérias, complexos imunes e restos de células necróticas, e as suas enzimas contribuem de outras formas com a resposta defensiva do hospedeiro.

As amostras de Tambaqui coletadas em Propriá também apresentaram infiltração de leucócitos e a presença de melanomacrófagos livres no tecido hepático (Figura 2C). O melanomacrófago é uma categoria de macrófago muito comum nos peixes. Os melanomacrófagos estão localizados próximos às regiões portais e apresentam-se livres ou organizam-se formando centros melanomacrófagos (CMM). Segundo Hartley et al. (1996), os CMM são elementos críticos do sistema imune de peixes, incluindo resposta imune contra materiais de origem externa. Doria et al. (2017) associaram a alta prevalência e intensidade de centros de melanomacrófagos como indicador de implicação sanitária nos peixes e de condições de estresse ambiental.

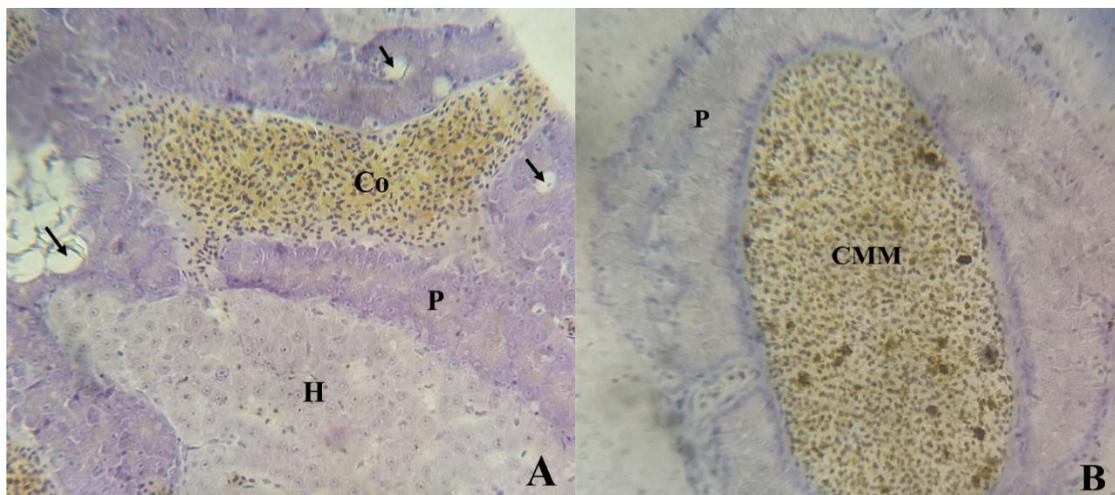
Na análise do parênquima hepático da Pirambeba coletada em Pão de açúcar, do Tucunaré e Acará-boi coletados em Traipu, as alterações histológicas que prevaleceram foram a presença de infiltrações leucocitárias, vacúolos e dilatação dos vasos sinusóides (Figura 2D, E, F). A vacuolização de hepatócitos é uma resposta inespecífica de peixes devido a condições tóxicas (Roberts, 1978; Giari et al., 2007). A indução de vacuolizações em peixes tem sido demonstrada in vivo após exposição a certos pesticidas (Braunbeck et al, 1998). Contudo, Archa, Hubert e Pfhof-Leszkowicz (2003) sugerem que a vacuolização pode estar relacionada uma dieta não balanceada, com excesso de triglicérides ou deficiência de proteínas mas acreditam que provavelmente seja ocasionada pela disrupção enzimática da regulação lipídica

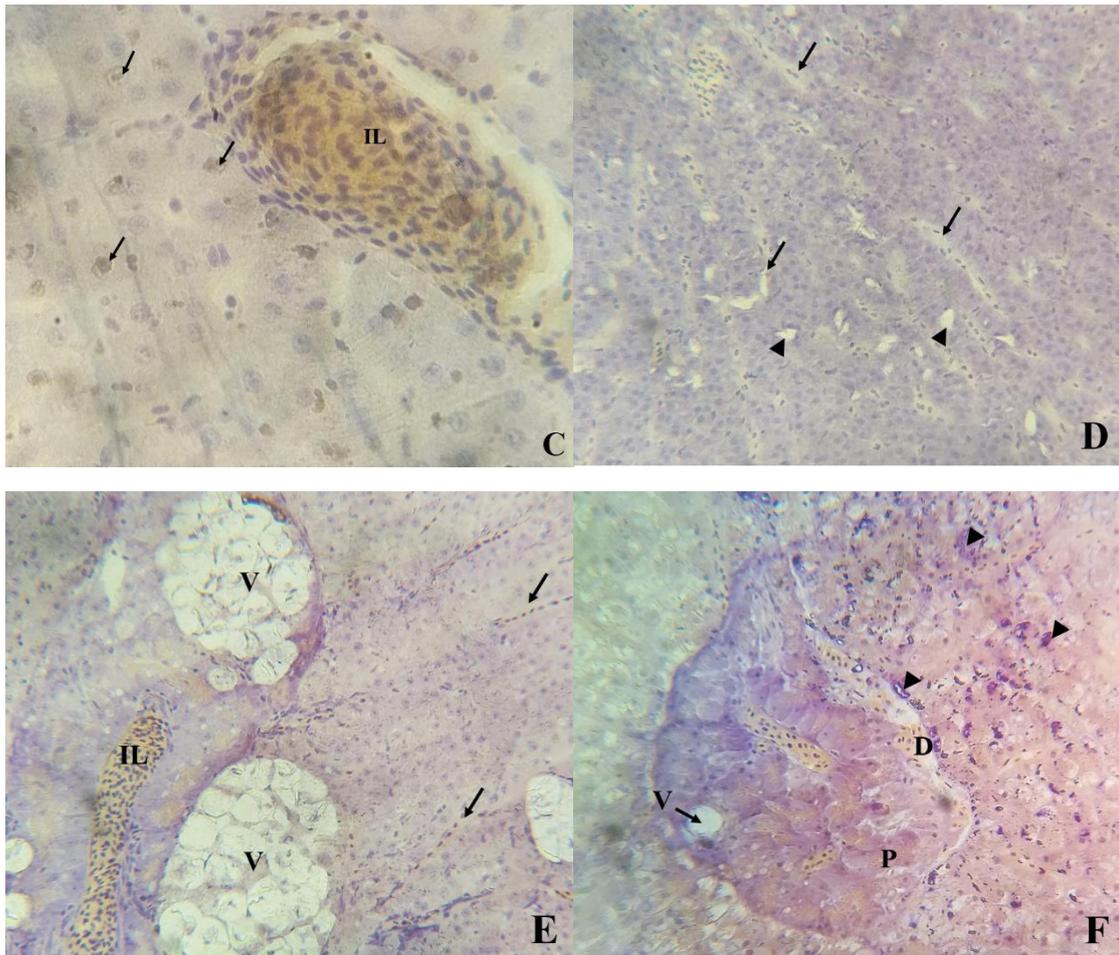
causada por intoxicação. Apesar da presença de vacúolos, não foram identificados depósitos de glicogênio no citoplasma dos hepatócitos em nenhuma das espécies

A amostra do fígado do Acará-boi apresentou graves alterações no parênquima hepático, demonstrando tecido com necrose e dilatação severa do sinusóides (Figura 2F). A necrose é o estágio final, mais severo, de alteração tecidual (Noga, 1996). A congestão de sinusóides e pequenos vasos fazem o fluxo sanguíneo da veia porta hepática e artéria hepática para a veia central bastante difícil. Isso pode ser responsável pela degeneração celular e necrose no fígado dos peixes (Faccioli et al., 2014).

A necrose hepática é uma manifestação irreversível e considerada o ponto final das alterações celulares, sendo uma consequência comum de inflamações, de processos degenerativos, infiltrativos e circulatórios. Esta alteração está intimamente correlacionada a exposição crônica a irritantes, poluentes e metais pesados (Mela et al., 2013, Strzyzewska et al., 2016; Lehmann, 2018).

Neste trabalho, várias das lesões observadas conhecidas como hepatodistrofias, a exemplo de congestão e necroses estão relacionadas aos processos de intoxicação sendo a extensão e gravidade da lesão proporcional ao tipo, duração, severidade da agressão e estado fisiológico da célula envolvida (Robbins; Cotran, 2005).





**Figura 2.** Fotomicrografias das alterações histopatológicas observadas nos peixes do baixo São Francisco. HE, obj. 40x. A-B) Parênquima hepático (H) de Tucunaré com congestão vascular (Co) na área do tecido pancreático (P), apresentando vacúolos e centro de melanomacrófagos (CMM). C) Tecido do Tambaqui com infiltração leucocitária (IL) e presença de melanomacrófagos livres (seta). D) Parênquima hepático da Pirambeba apresentando vacúolos (cabeça de seta) e dilatação do sinusóides. E) Infiltração leucocitária (IL), presença de grandes vacúolos (V), e sinusóides (setas) no tecido do Tucunaré, F) Tecido hepático do Acará-boi apresentando dilatação severa no sinusóide (D) ao redor do pâncreas (P), vacúolos (V) e necrose (cabeça de seta).

### *Brânquias*

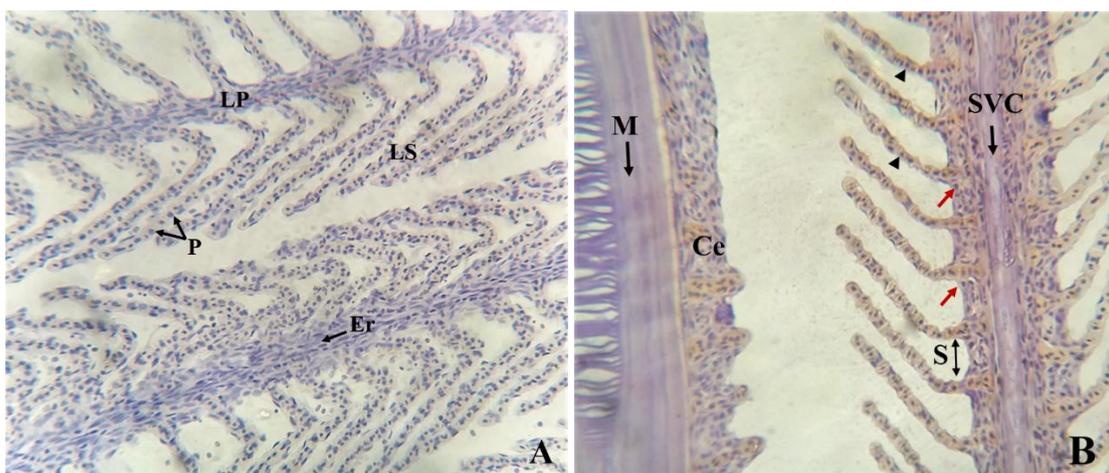
As brânquias dos peixes analisados neste estudo apresentaram morfologia similar à descrita para a maioria dos teleósteos dulcícola, nos quais se observam lamelas primárias e secundárias. As lamelas possuem número variável e estão ancoradas nos filamentos branquiais e apresentam-se paralelas entre si. Os arcos branquiais possuem fileiras de filamentos contendo lamelas secundárias, dispostas em ambos os lados da lamela primária e representam a superfície de troca gasosa (FIGURA 3A).

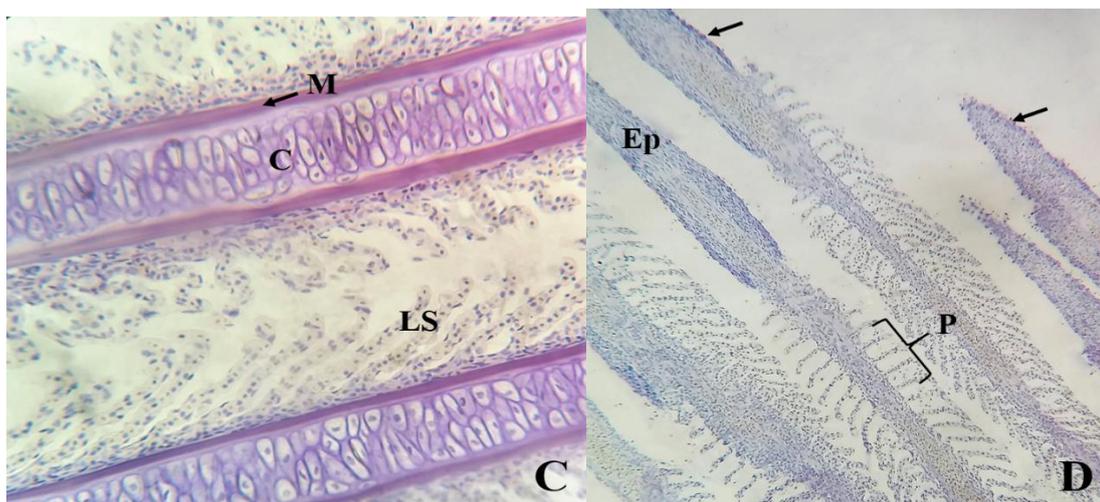
Os filamentos branquiais possuem um suporte cartilaginoso central onde se encontram vasos que compreendem o seio venoso central. A lamela primária possui o epitélio recobrendo as extremidades distais, o epitélio é contínuo e rico em células secretoras de muco (Figura 3D). Os filamentos branquiais apresentam um epitélio estratificado, constituído por diversos tipos de

células, entre os quais se podem distinguir os eritrócitos, células pilares, células mucosas e células de cloreto (FIGURA 3B). O esqueleto cartilaginoso sustenta a lamela primária e possui uma matriz extracelular bem marcada contendo em seu interior numerosos condrócitos (Figura 3C).

As lamelas secundárias apresentam espaços interlamelares bem definidos, contendo camadas de células do epitélio intimamente ligadas às demais células das lamelas conferindo um aspecto uniforme e contínuo. Os resultados demonstraram o arranjo das numerosas lamelas secundárias em forma de fio paralelo (Figura 3D).

Os peixes possuem estruturas que os permitem executar uma extração de oxigênio dissolvido na água para utilização em suas reações metabólicas (Holden; Layfield; Matthews, 2012). As brânquias exercem funções vitais nos teleósteos, tais como respiração, osmorregulação e excreção e ainda constituem o sítio de tomada e depuração de contaminantes (Meyers; Hendricks, 1985; Pacheco; Santos, 2002). As células secretoras produzem muco composto por diferentes categorias de mucopolissacarídeos que formam uma camada protetora às lamelas secundárias e protegem o organismo contra agressões ambientais. Outro tipo celular presente neste filamento são as células de cloreto responsável pela receptação adequada de sal (Holden; Layfield; Matthews, 2012). Mumford et al. (2007) e Genten et al. (2009), mencionaram a presença de células caliciformes, responsáveis pela secreção de muco as quais não foram observadas nas amostras estudadas.





**Figura 3.** Fotomicrografias de seções longitudinais das brânquias de peixes. [HE, obj. A-D10x; B-C 40x.] A) Histologia das brânquias de Piau 3 pintas indicando a lamela primária (LP), as lamelas secundárias (LS), células pilares (P), eritrócitos no seio venal da lamela primária. B) Brânquias de Tucunaré mostrando o seio venoso central (SVC), presença das células pilares (cabeça de seta), células de cloreto (seta vermelha), espaço interlamelar uniforme (S), Células epiteliais (Ce), matriz extracelular (M). C) Brânquias de Pacu, observar a matriz extracelular (M) revestindo os condrócitos (C). D) Brânquias de Piau branco, detalhe no epitélio que recobre a extremidade distal da lamela primária (Ep), rico em células secretoras de muco (setas) e nas lamelas secundárias disposta paralelamente (P). Espécies coletadas em Piaçabuçu, Traipu, Igreja Nova e Piranhas respectivamente.

A análise microscópica deste trabalho mostrou que 53% dos exemplares estudados apresentaram alguma alteração branquial. Os resultados histológicos indicaram danos nas estruturas branquiais de *C. monoculus*, *M. maculatus*, *S. brandtii*, *C. macropomum*, *S. knerii* e *E. brasiliensis*, como fusão lamelar, desarranjo dos capilares, hiperplasia e hipertrofia das lamelas secundárias, diminuição do espaço interlamelar e aneurisma. A tabela 2 apresenta os tipos de alterações ocorridas em cada espécie/ponto de coleta.

**Tabela 2.** Alterações histológicas encontradas na análise de brânquias dos peixes coletados no Baixo São Francisco (HE)

Ponto de coleta	Nome comum	Nome científico	Alteração histológica
	Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i>	Fusão lamelar
Piranhas			Hipertrofia
			Hipertrofia
	Piau branco	<i>Schizodon knerii</i>	-----
	Piau 3 pintas	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	-----

	Pacu	<i>Metynnis maculatus</i>	Hiperplasia na lamela secundária
Pão de Açúcar	Pirambeba	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Fusão lamelar
	Tucunaré	<i>Cichla monoculus</i>	-----
Traipu	Acará-boi	<i>Astronotus ocellatus</i>	-----
	Tambaqui	<i>Colossoma macropomum</i>	Aneurisma/hipertrofia
Propriá	Pirambeba	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Hiperplasia severa
	Piau Branco	<i>Schizodon knerii</i>	Diminuição do espaço interlamelar
Igreja Nova	Pacu	<i>Metynnis maculatus</i>	-----
	Piau Branco	<i>Schizodon knerii</i>	-----
Penedo	Pacu	<i>Metynnis maculatus</i>	Hiperplasia
	Piau 3 pintas	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	-----
Piaçabuçu	Carapeba	<i>Eugerres brasilianus</i>	Hiperplasia/aneurisma

A histologia das brânquias do Tucunaré coletado no município de Piranhas e da Carapeba coletada em Piaçabuçu apresentou resultado similar, com hiperplasia e aneurisma nas lamelas secundárias. Contudo, no Tucunaré também foi observada fusão lamelar, sendo a espécie que mais apresentou alterações histopatológica dentre as analisadas no estudo (Figura 4A-B).

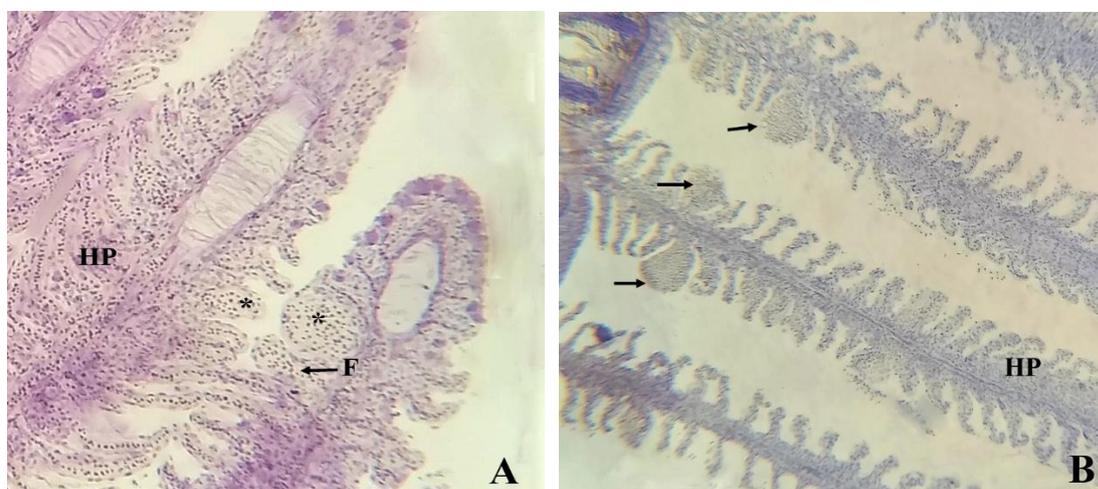
A espécie de Pacu coletado em Penedo mostrou sinais de fusão das lamelas associadas a hiperplasia epitelial, semelhante às amostras de Tambaqui coletados em Propriá, além de desarranjo na organização das lamelas secundárias (Figura 4C, 5E). Segundo Rigolim-Sá (1998), a proliferação do epitélio respiratório, assim como a hiperplasia maciça e fusão lamelar, dentre outras mudanças, são mecanismos de defesa das brânquias, que promovem o aumento da barreira água-sangue.

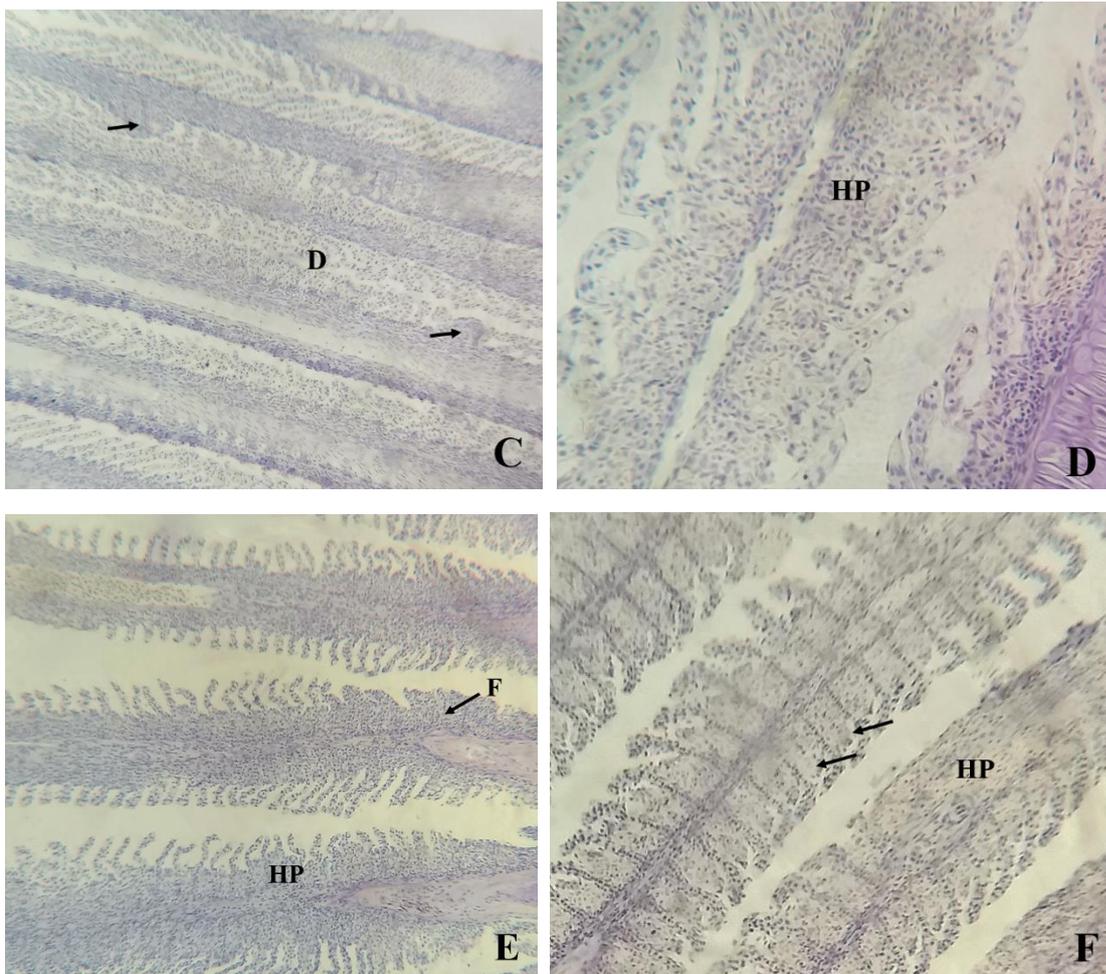
As observações microscópicas realizadas nas amostras de Pirambeba e Piau Branco coletados em Propriá e Igreja nova, respectivamente, evidenciaram hiperplasia e diminuição da região interlamelar (Figura 5D, E), caracterizada por multiplicação celular sobre a superfície respiratória dos peixes, podendo causar deslocamento do epitélio respiratório (Machado, 1999), como observado no Pacu coletado em Penedo (Figura 4F). A fusão das lamelas secundárias e hiperplasia interlamelar são fenômenos examinados quando a exposição a fatores irritantes é crônica (Strzyzewska et al., 2016), causando diminuição das superfície respiratória-excretora das brânquias, prejudicando sua função.

Respostas histopatológicas nas brânquias funcionam como mecanismos de defesa, pois diminuem a área de superfície vulnerável da brânquia e podem aumentar a barreira de difusão ao poluente (Erkmen; Kolankaya, 2000; Garcia-Santos et al., 2007). Contudo, ao dificultar o acesso do poluente prejudica a realização de trocas gasosas (McDonald; Wood, 1993).

É sabido que ocorre aplicação excessiva de produto químicos na agricultura da região do Baixo São Francisco, onde diversos agentes considerados tóxicos são despejados nos rios e corpos d'água e encontram-se dissolvidos na água. Tais compostos inevitavelmente entrarão em contato com os filamentos branquiais e com as lamelas respiratórias e, em altas concentrações, poderão alterar a morfologia normal das brânquias (Luvizotto, 1994)

Diferentes cenários relativos a fatores ambientais podem ter interferido nos resultados do presente trabalho. Alterações histopatológicas verificadas nas brânquias dos peixes coletados na região do São Francisco assemelham-se a alterações comumente relacionadas à exposição a contaminantes de efluentes antropogênicos (Lehmann, 2018), e as anormalidades observadas nas brânquias podem refletir os impactos biológicos de mistura de poluentes presentes nessas áreas.





**Figura 4.** Fotomicrografia das alterações celulares encontradas nas brânquias dos peixes coletados no Baixo São Francisco. HE, obj. 40x. A) Tecido branquial de Tucunaré, apresentando hiperplasia (HP), fusão das lamelas secundárias (F) e dois aneurismas (\*). B) Carapeba com hiperplasia (HP) e diversos aneurismas (setas). C) Tambaqui mostrando desarranjo dos capilares (D) e fusão lamelar (setas) D) Piau Branco com hiperplasia (HP). E) Pirambeba com hiperplasia (HP) e fusão lamelar (F). F) Pacu com hiperplasia (HP) e deslocamento epitelial (setas). Espécimes coletados em Piranhas, Piaçabuçu, Propriá, Igreja Nova, Propriá e Penedo, respectivamente.

#### *Análise histoquímica PAS do fígado e brânquias*

A análise histoquímica detectou que somente as brânquias apresentaram reação positiva ao reativo de Schiff (PAS), isso ocorre pela provável produção de mucosubstâncias pelas células. As amostras que reagiram positivo ao PAS foram Tucunaré e Piau branco coletados em Piranhas, Pacu coletado em Pão de Açúcar e o Tambaqui coletado em Propriá. Não foram observadas diferenças na intensidade de reação ao PAS, todas as amostras se mantiveram moderadas (FIGURA 5A-D).

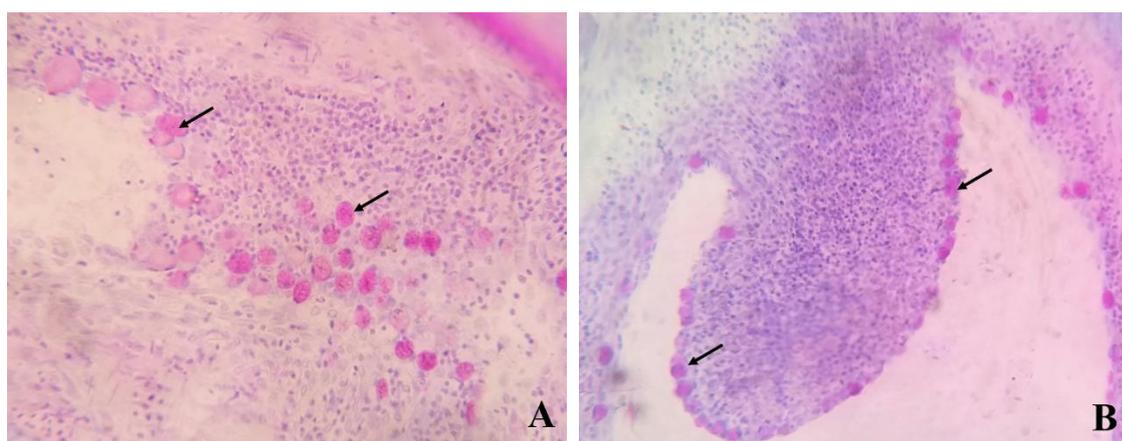
Lima et al. (2009) e Díaz, García e Goldemberg (2005) verificaram característica semelhante encontrada nas brânquias de *Steindachnerina brevipinna* (Characiformes,

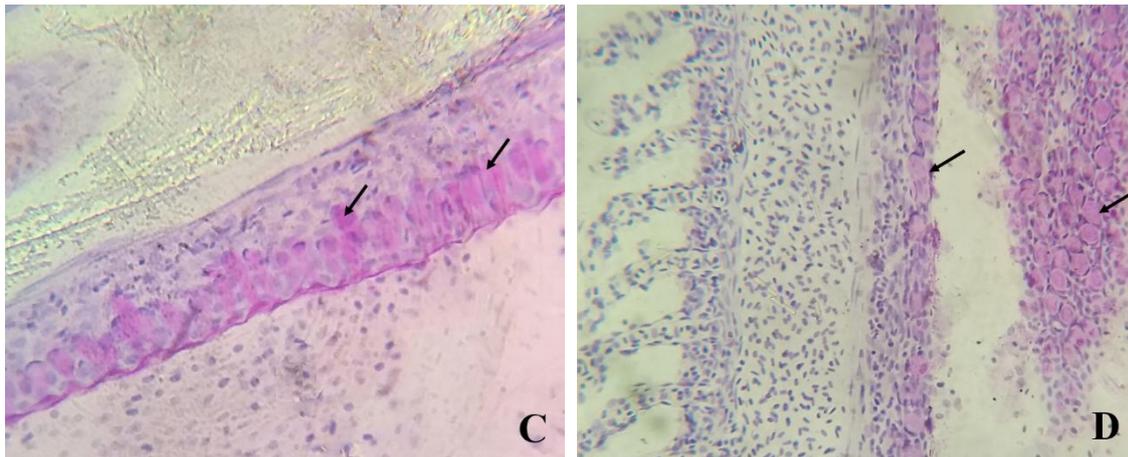
Curimatidae) e *Cynoscion guatucupa* (Perciformes, Sciaenidae), sugerindo que esse resultado indica um controle na acidez do conteúdo da secreção mucosa. Contrapondo-se a esse resultado, Breseghelo et al. (2004) e Reis (2009) afirmam que maior produção de glicoproteínas pelas células mucosas ocorre em situações de maiores stress, já que o muco contribui para proteção do animal quanto às flutuações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do ambiente aquático.

É importante ressaltar que as amostras analisadas dos peixes Tucunaré (Figura 5A), Pacu (Figura 5C) e Tambaqui (Figura 5D) coletados em Piranhas, Pão de Açúcar e Propriá, respectivamente, apresentaram outras alterações celulares nas brânquias, além da reação PAS positivo, sugerindo que tais espécies entraram em contato com substâncias tóxicas ou agentes irritantes como pesticidas orgânicos, metais pesados ou despejos industriais.

Apesar de terem sido observado vacúolos nas amostras do fígado de algumas espécies de peixes, nenhum dos constituintes do parênquima hepático apresentou reação positiva para PAS. A ausência de glicogênio nos vacúolos dos hepatócitos demonstrado pelo método PAS sugere que a vacuolização pode estar relacionada com um processo degenerativo, pois os vacúolos normalmente contêm glicogênio e lipídeos que atuam como reserva de glicose para fornecer energia para os animais em situações de stress (Camargo; Martinez, 2007).

Mesmo não sendo possível observar os sinais de estresse aos quais peixes foram submetidos no seu habitat, sabe-se que alterações na biologia das células e tecidos ocorrem quando animais são submetidos a um grau importante de estresse em longo prazo (Mallatt, 1985; Reis, 2009).





**Figura 5.** Alterações histoquímicas em brânquias dos peixes coletados no Baixo São Francisco. Reação positiva ao PAS (setas). Obj, 40x. A) Tucunaré. B) Piau Branco. C) Pacu. D) Tambaqui. Espécimes coletados em Piranhas, Pão de Açúcar e Tambaqui.

### *Intestino*

Nas análises histológicas do intestino dos peixes foi verificada uma elevada diversidade morfológica entre as espécies. O epitélio obedece a arquitetura básica das camadas histológicas que compõem o tubo digestório: mucosa, submucosa, muscular e serosa (Díaz et al., 2006) (Figura 6A). Os peixes analisados demonstraram um variado padrão no arranjo das vilosidades. Foi observado epitélio intestinal do tipo simples ou estratificado contendo vilosidades revestidas por um epitélio cilíndrico constituído por células epiteliais cilíndricas, colunares (ou enterócitos) e células caliciformes. A camada muscular possui o arranjo organizacional estruturado em três túnica diferentes: muscular longitudinal interna, muscular circular interna que reveste internamente o epitélio e muscular longitudinal externa (Figura 6B-H).

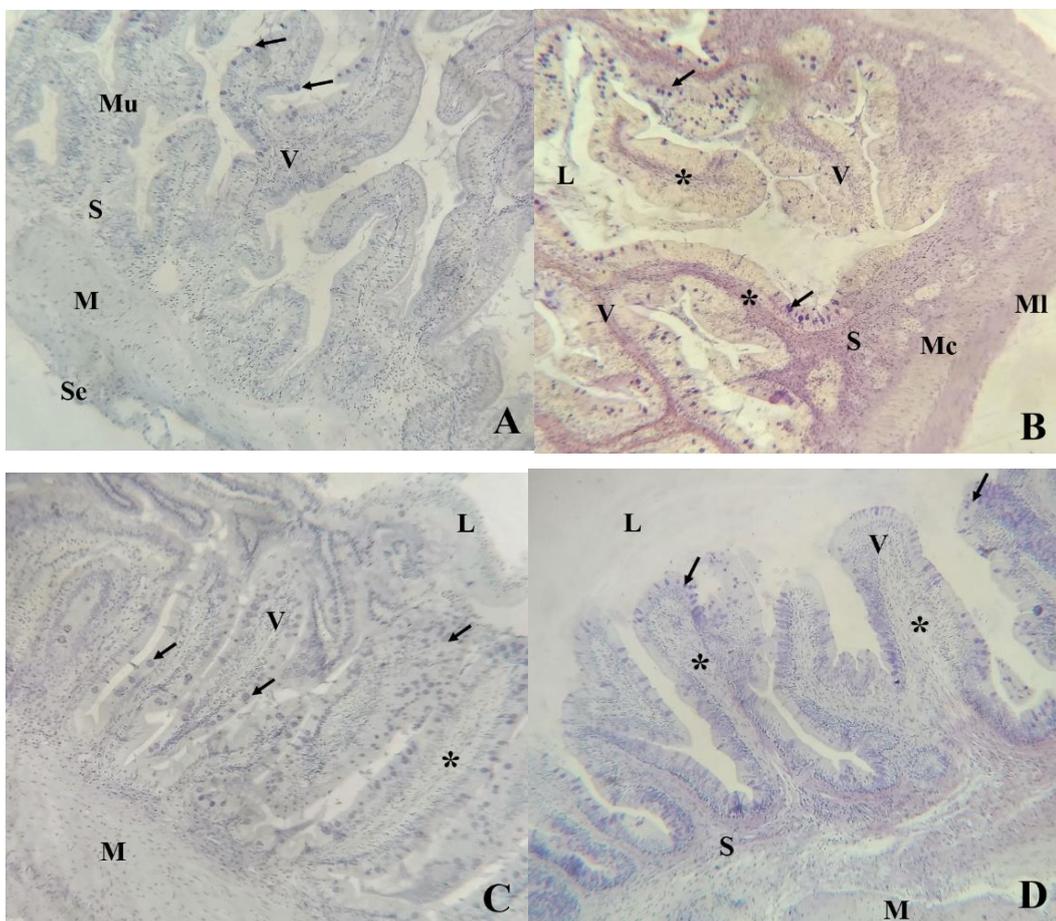
As características morfológicas do sistema digestivo dos peixes acham-se em estreita dependência com a natureza dos alimentos, as características do habitat, o estado nutricional e o estágio de desenvolvimento do indivíduo, manifestados, especialmente nesse aparelho, por adaptações e modificações (Seixas Filho et al., 2000; Ferreira et al., 2013)

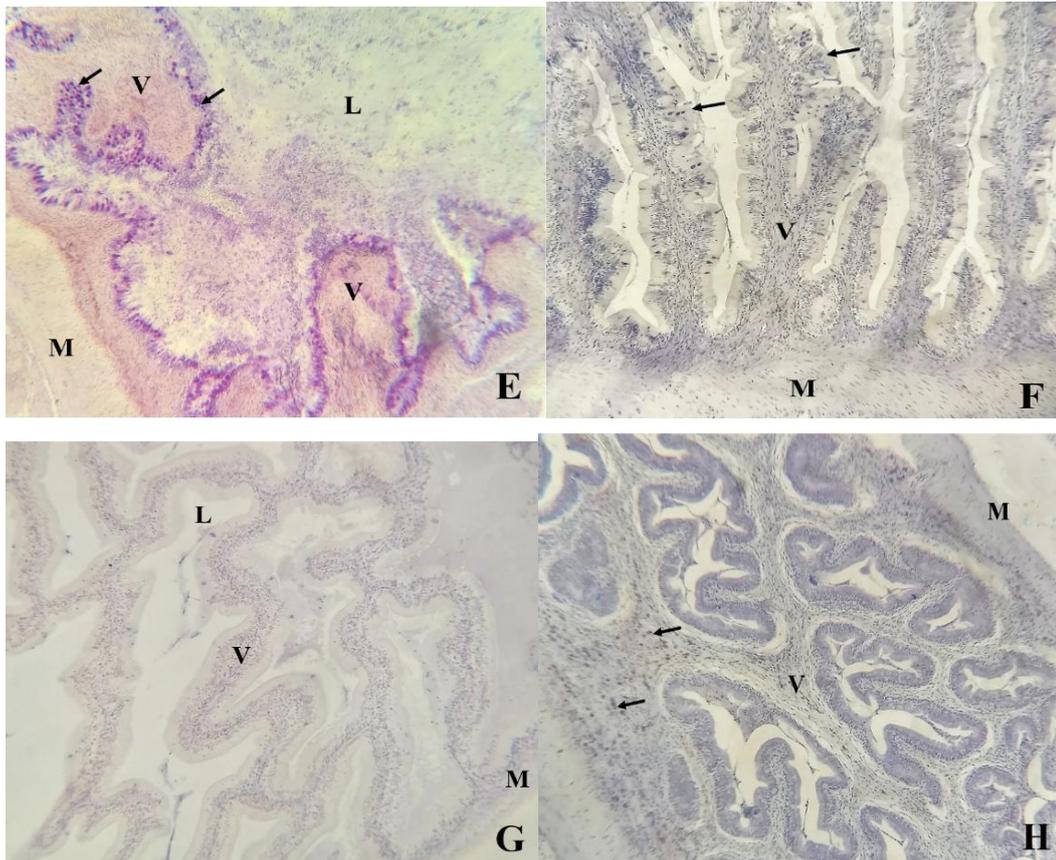
As amostras do epitélio intestinal do Pirambeba (Figura 6B), Tambaqui (Figura 6C), Tucunaré (Figura 6E) e Piau 3 pintas (Figura 6F) apresentaram grande número de células caliciformes, bem desenvolvidas e coloração basófila. As células caliciformes são tipos celulares que apresentam algumas variações fenotípicas durante sua diferenciação e estabelecem como principal atividade metabólica a produção de mucossubstâncias (Góes; Taboga, 2005). O muco secretado pelas células caliciformes recobre o epitélio intestinal em toda extensão do tubo digestivo, forma a primeira linha de defesa da mucosa (Junqueira; Carneiro, 1999), também são responsáveis também pela lubrificação do epitélio (Díaz et al.,

2008) e conferem proteção química contra a agressão ocasionada por antígenos e toxinas (Gaudier et al., 2009; Melo et al., 2012).

Variações na estrutura das vilosidades da mucosa ao longo do intestino dos peixes foram relatadas para espécies de hábito alimentar onívoro como *Colossoma macropomum* (Mori, 2016) e *Piaractus brachypomus* (De Oliveira et al., 2019), herbívoro *Schizodon knerii* (Dos Santos et al., 2015) e onívoro com tendência alimentar à carnivoria *Cichlasoma orientale* (Silva, 2015). Rotta (2003) ressalta que um padrão elaborado de vilosidades potencializa a capacidade secretora e absorptiva dos nutrientes ingeridos.

Os resultados apresentados indicam amplas variações na morfologia do intestino, que relacionam-se diretamente às suas funções, o que retrata a elevada diversidade dos teleósteos e suas diferentes posições na cadeia trófica (Diaz, 2003).





**Figura 6.** Histologia do intestino de peixes coletados no Baixo São Francisco mostrando a diversidade estrutural das espécies. HE, obj. 40x. A) Camadas histológicas do epitélio de Piau Branco: mucosa (Mu), submucosa (S), camada muscular (M) e serosa (Se), detalhe nas vilosidade (V), B) Pirambeba, C) Tambaqui, D)Tucunaré, E)Tucunaré, F)Piau 3 pintas, G)Pacu, H) Carapeba. Abrev. Vilosidades (V), Lumen (L), Camada muscular (M), Camada muscular circular interna (Mc), Camada muscular longitudinal externa (Ml). Lâmina própria (\*), Células caliciformes (setas). Espécies coletadas em Igreja Nova, Pão de açúcar, Propriá, Traipú, Piranhas, Piaçabuçu, Penedo e Piaçabuçu, respectivamente.

## CONCLUSÃO

Dentre os espécimes analisados, 93% apresentaram algum tipo de alteração no paquênquima hepático e 53% apresentaram alterações branquiais. O tecido intestinal se mostrou semelhante ao de outras espécies de peixes teleósteos, entretanto, diferenças no arranjo das vilosidades foram observadas.

Esses resultados permitiram concluir que através da histopatologia é possível avaliar se os organismos aquáticos passaram por algum evento com agentes estressantes. Através das alterações histopatológicas encontradas nos peixes coletados no Baixo São Francisco, verificou-se que a maioria dos peixes coletados, não estavam saudáveis.

É de extrema importância estudos sobre a histologia do fígado, brânquias e intestino das espécies do Baixo São Francisco, que analisem, em sua extensão, os órgãos que tem contato direto com agentes contaminantes. Todas essas informações mostradas no estudo são essenciais

para subsidiar trabalhos de manejo das espécies e para o conhecimento do status sanitário dos peixes da região.

## REFERÊNCIAS

AKCHA F, HUBERT FV, PFHOL-LESZKOWICZ A. Potential value of the comet assay and DNA adduct measurement in dab (*Limanda limanda*) for assessment of in situ exposure to genotoxic compounds. **Mutat Res.** v. 534, p. 21–32, 2003.

ALABSSAWY, A. N.; KHALAF-ALLAHA, H. M. M.; GAFAR, A. A. Anatomical and histological adaptations of digestive tract in relation to food and feeding habits of lizardfish, *Synodus variegatus* (Lacepède, 1803) **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 2, p. 159-165, 2019.

AL-OTAIBI, A. M. et al. Toxicity bioassay and sub-lethal effects of diazinon on blood profile and histology of liver, gills and kidney of catfish, *Clarias gariepinus*. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 79, n. 2, p. 326-336, 2019.

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**, v. 5, n. 1, p.70-90, 2017.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C.S. Perfil da ictiofauna da Bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, p.155-169, 2009.

BECHARA, G.H.; SZABÓ, M.P.J. **O processo inflamatório**. Componente e eventos celulares. Adams, 2009.

BELEI, F.; SAMPAIO, W. M. S.; GIONGO, P.; DERGAM, J. Ichthyofauna of a priority area for conservation in the Middle São Francisco River, southeast of Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 11, p. 94-100, 2016.

BRAUNBECK, T., GÖRGE, G., STORCH, V., & NAGEL, R. Thomas steatosis in zebra fish (*Brachydanio rerio*) induced by long-term exposure to  $\gamma$  hexachlorocyclohexane. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 19, n. 3, p. 355-374, 1990.

BRESEGHELO, L.; CARDOSO, M.P.; BORGES-DE-OLIVEIRA, R.; COSTA, M. F.; BARRETO, J.C.B.; SABÓIA-MORAIS, S.M.T.; YAMADA, A.T. Efeitos do fluoreto de sódio no epitélio da brânquia do peixe guaru (*Poecilia vivipara*). **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.** v. 46, p. 685-695, 2004.

BRUSLÈ, J.; ANADON, G.G. **The Structure and function of fish liver**. In: MUNSHI, J.S.D.; DUTTA, H.M. (Ed.). Fish morphology horizon of new research. Lebanon: Science Publishers Inc., 1996. p. 77-93.

CAMARGO, M. M. P.; MARTINEZ, C. B. R. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. **Neotropical. Ichthyology**, v. 5, p. 327-336, 2007.

CAO, X. J.; WANG, W. M. Histology and mucin histochemistry of the digestive tract of yellow catfish, *Pelteobagrus fulvidraco*. **Anatomia Histologia Embryologia**, v. 38, p. 254-261, 2009.

CASTAÑO, A. et al. The Use of Fish Cells in Ecotoxicology. The Report and Recommendations of ECVAM Workshop 47. **ATLA**, v. 31, p. 317–351, 2003.

- DAY, R.; TIBBETTS, I. R.; SECOR, S. M. Physiological responses to short-term fasting among herbivorous, omnivorous, and carnivorous fishes. **The Journal of Comparative Physiology B**, v. 184, p. 497-512, 2014.
- DE OLIVEIRA MIB, DE MATOS LV, DA SILVA LA, CHAGAS EC, DA SILVA GS, GOMES AL. The digestive tube of *Piaractus brachyomus*: gross morphology, histology/histochemistry of the mucosal layer and the effects of parasitism by *Neoechinorhynchus* sp. **Journal of Fish Biology**, v. 94, n. 4, p. 648-659, 2019.
- DÍAZ A. O.; GARCÍA A. M.; GOLDEMBERG A. L. Glycoconju- Glycoconjugates in the branchial mucous cells of *Cynoscion guatucupa* (Cuvier, 1830). **Scientia Marina**, v. 69, n. 4, p. 545-553, 2005.
- DÍAZ, A. O.; ESCALANTE, A. H.; GARCÍA, A. M.; GOLDEMBERG, A. L. Histology and histochemistry of the pharyngeal cavity and oesophagus of the silverside *Odontesthes bonariensis* (Cuvier and Valenciennes). **Anatomia Histologia Embryologia**, v. 35, p. 42-46, 2006.
- DÍAZ, A.O.; GARCÍA, A.M.; DEVINCENTI, C.V.; GOLDEMBERG, A.L. Morphological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in *Engraulis anchoita*. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 32, p. 341-346, 2003.
- DÍAZ, A.O.; GARCÍA, A.M.; GOLDEMBERG, A.L. Glycoconjugates in the mucosa of the digestive tract of *Cynoscion guatucupa*: A histochemical study. **Acta Histochemica**, v. 110, p. 76-85, 2008.
- DORIA, H. B.; VOIGT, C. L.; CAMPOS, S. X. D.; RANDI, M.A.F. Metal pollution assessment in a Brazilian hydroelectric reservoir: *Geophagus brasiliensis* as a suitable bioindicator organism. **Revista Ambiente & Água**. v. 12, n. 4, p. 575-590, 2017.
- EL-BAKARY, N. E. R.; EL-GAMMAL, H. L. Comparative Histological, Histochemical and Ultrastructural Studies on the Liver of Flathead Grey Mullet (*Mugil cephalus*) and *Sea Bream* (*Sparus aurata*). **Global Vet.**, v. 4, n. 6, p. 548-53, 2010.
- ERKMEN, B.; KOLANKAYA, D. Effects of water quality on epithelial morphology in the gill of *Capoeta tinca* living in two tributaries of Kizilirmak River, Turkey. **Bull. of Environm. Contam. and Toxicol.**, v.64, p.418-425, 2000.
- FACCIOLI, C. K.; CHEDID, R. A.; BOMBONATO, M. T. S.; VICENTINI, C. A. & VICENTINI, I. B. F. Morphology and histochemistry of the liver of carnivorous fish *Hemisorubim platyrhynchos*. **Int. J. Morphol.**, v. 32, n. 2, p. 715-720, 2014.
- FERREIRA, A. H. C. et al. Anatomia do aparelho digestório do tambatinga. **Nutritime**, Artigo 203, v. 10 n.3, p. 2501-2512, 2013.
- FERREIRA, A.H.C.; ALENCAR ARARIPE, M.N.B.; GUERRA, S.P.L.; LOPES, J.B.; ARARIPE, H.G.A.; ANDRADE, F.T.; SANTANA JUNIRO, H.A. Anatomia do aparelho digestório do tambatinga. **Nutritime**, v.10, n. 3, p.2501-2512, 2013.
- Figueiredo-Fernandes A., et al. Histopathological changes in liver and Gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. **Pesq. Vet. Bras.** v. 27, p. 103-109, 2007.
- FONTANETTI, C.S.; SOUZA, T.S.; CHRISTOFOLETTI, C.A. The role of biomonitoring in the quality assessment of water resources. In: Bilibio, C.; Hensel, O.; Selbach, J. (Org.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics – and case studies in Brazil**.

v. 3. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, 2012. p. 975-1006.

GARCIA-SANTOS, S. et al. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 376-381, 2007.

GAUDIER E.; RIVAL, M.; BUISINE, M. P.; ROBINEAU, I.; HOEBLER, C. Butyrate enemas upregulate Muc genes expression but decrease adherent mucus thickness in mice colon. **Physiol Res.** v. 58, n. 1, 111-9, 2009.

GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. **Atlas of fish histology**. Science publishers, Enfield, USA, 2009. 223p.

GIARI, L.; MANERA, M.; SIMONI, E.; DEZFULI, B.S. Cellular alterations in different organs of European sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.) exposed to cadmium. **Chemosphere.**, 67, 1171-1181, 2007.

GÓES, R.M.; TABOGA, S.R. **Células calciformes**. Cap. 14. In: CARVALHO, H.F.; COLLARES-BUZATO, C.B. A célula. Uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Manole, v. 1, p. 163-173, 2005.

GU, J.; BAKKE, A. M.; VALEN, E. C.; LEIN, I.; KROGDAHL Å. Bt-Maize (Mon810) and non-Gm soybean meal in diets for atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) juveniles-impact on survival, growth performance, development, digestive function, and transcriptional expression of intestinal immune and stress responses. **PLoS ONE**, v. 9, n. e 99932, 2014.

HARTLEY, W.R. et al. Liver Lesions in Gar Fish (Lepisosteidae) as Biomarkers of Exposure. **Mar. Environ. Res.**, Oxford, v. 42, p. 217-221, 1996.

HEATH, A. G. **Water Pollution and Fish Physiology**. C.R.C. Press, 1997.

HINTON, D.E. et al. **Biomarkers: Biochemical, Physiological, and histopathological markers of anthropogenic stress**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1992. p. 155-208.

HOLDEN, J. A.; LAYFIELD, L. L.; MATTHEWS, Jennifer L. **The Zebrafish: Atlas of Macroscopic and Microscopic Anatomy**. Cambridge University Press, 2013.

JOBLING, M. **Environmental biology of fishes**. London: Chapman & Hall, 1995. p. 455.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO J. **Histologia Básica**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1999.

LANGANI, F.; et al. (Orgs.) **Estado da arte e perspectivas para a Zoologia no Brasil**. Curitiba, PR: EDUFPR, 2009. p. 211-230.

LEHMANN, N. B. **Diagnóstico patológico em tilápias do rio Cachoeira, Joinville, SC, Brasil**. 2018, 73 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

LIMA, F. B., BRACCINI, M. D. C., DÍAZ, A. O., JUNIOR, C. P., & GUIMARÃES, A. C. G. Morphology of the gills of *Steindachnerina brevipinna* (Eigenmann & Eigenmann, 1889) (Characiformes, Curimatidae). **Biotemas**, v. 22, p. 87-92, 2009.

LUVIZOTTO, M. F. **Efeitos de diferentes salinidades sobre as células de cloreto e as células secretoras do epitélio branquial do peixe antártico *Nototheniops nudifrons***

(Lonberg,1906). Dissertação (Programa de pós- graduação- Mestrado em Biologia Celular) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1994.

MACHADO, M.R. Uso de brânquias de peixe como indicadores de qualidade das águas. **Ciência, Biologia e Saúde**. v.1, p.63-76, 1999.

MALLATT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritantes: a statistical Review. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** v. 42, p. 630-648, 1985.

MATSUMOTO, S. T. et al. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents, as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in on root-tips. **Genetics and Molecular Biology**, 29, n. 1, p. 148-158, 2006.

MCDONALD, D.G.; WOOD, C.M. **Branchial mechanisms of acclimation to metals in freshwater fish**. In: Fish Ecophysiology. London: Chapman & Hall, 1993. p.297-32

MENIN, E. **Anátomo-Histologia Funcional Comparativa do Aparelho Digestivo de Seis Teleostei (Pisces) de Água Doce**. 1988. 539 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

MEYERS, T. R.; HENDRICKS, J.D. **Histopathology**. IN: RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. (Editores). Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications. Hemisphere Publishing Corporation, Washington: p. 283-331, 1985.

MORAIS, A.L.S.; CARVALHO, M.M.; CAVALCANTE, L.F.M.; OLIVEIRA, M.R.; CHELLAPPA, S. Características morfológicas do trato digestório de três espécies de peixes (*Osteichthyes:Lutjanidae*) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil. Macapá. **Biota Amazônia**, v.4, n.2, p.51-54, 2014.

MORI, R. H. **Análises morfológicas, histoquímicas e ultraestruturais do tubo digestivo de tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816)**. 2016. 68p. Tese de doutorado, Jaboticabal, 2016.

MUMFORD, S.; HEIDEL, J.; SMITH, C.; MORRISON, J.; MACCONELL, B.; BLAZER, V. **Normal histology**. In: MORRISON, J. Fish histology and histopathology. USFWS-NCTC, 2007.

NOGA, E.J., 1996. **Fish Disease Diagnosis and treatment**. Mosby-Year Book Inc., St Louis, Missouri. 63-146

PACHECO, M.; SANTOS, M. A. Biotransformation, genotoxic, and histopathological effects of environmental contaminants in European eel (*Anguilla anguilla* L.). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 53, p. 331 – 347, 2002.

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.

PURUSHOTHAMAN, et al. Morpho -histological characterisation of the alimentary canal of an important food fish, *Asian seabass* (*Lates calcarifer* ). **PeerJ**, n. 4, v. e2377, 2016.

REIS, A. B.et al . Alterações do epitélio branquial e das lamelas de tilápias (*Oreochromis niloticus*) causadas por mudanças do ambiente aquático em tanques de cultivo intensivo. **Pesq. Vet. Bras.**, Rio de Janeiro , v. 29, n. 4, p. 303-311, Apr. 2009.

RIGOLIN-SÁ, O. **Toxicidade do herbicida Roundup (glifosato) e do acaricida Omite (propargito) nas fa ses iniciais da ontogenia do bagre, *Rhandia hilarii* (Valenciennes,**

**1840) (Pimelodidade, Siluriformes).** 1998. 307 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Na turais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 1998.

ROBBINS, S.; COTRAN, R.S. **Patologia - Bases Patológicas das Doenças.** In: KUMAR, V.; ABBAS, A.K.; FAUSTO, N. (Eds) Elsevier: Rio de Janeiro. 2005. 1592p

ROBERTS, R. J. Fish pathology. London: Bailliere Tindall; 1978. 466 p.

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, S. S.; NAVARRO, R. D.; MENIN, E. Adaptações anatômicas da cavidade bucofaringiana de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (Pisces, Characiformes, Anostomidae) em relação ao hábito alimentar. **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 51-58, mar., 2006.

RODRIGUES, S.S.; MENIN, E. Anatomia da cavidade bucofaringeana de *Salminus brasiliensis* (Cuvier, 1817) (Pisces, Characidae, Salmininae). **Biotemas**, v. 19, n. 1, p. 41-50, mar., 2006b.

ROTTA, M.A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 48p. (Documentos, 53).

SANTOS, M. L.; ARANTES, F. P.; SANTIAGO, K. B.; SANTOS, J. E. Morphological characteristics of the digestive tract of *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875), (Characiformes: Anostomidae): Anatomical, histological and histochemical study. **An. Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 867-878, 2015.

SANTOS, M.L. Dos et al . Morphological characteristics of the digestive tract of *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875), (Characiformes: Anostomidae): An anatomical, histological and histochemical study. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro , v. 87, n. 2, p. 867-878, June 2015

SEIXAS FILHO, J. T. BRÁS, J. M. GOMIDE, A. T. M. OLIVEIRA, M. G. A. DONZELE, J. L. MENIN, E. Anatomia Funcional e Morfometria dos Intestinos e dos Cecos Pilóricos do Teleostei (Pisces) de Água Doce *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). **Rev. bras. Zootec.**, v. 29, n. 2, p. 313-324, 2000.

SOARES, E.C.; BRUNO, A.M.S.S.; LEMOS, J.M.; SANTOS, R.B. 2011 Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas. **Biotemas**, v. 24, n. 1, 61-67.

STRZYZEWSKA, E.; SZAREK, J.; BABINSKA, I. Morphologic evaluation of the gills as a tool in the diagnostics of pathological conditions in fish and pollution in the aquatic environment: a review. **Veterinárni Medicína**, v. 61, n. 3, 2016.

**Sustainable water management in the tropics and subtropics – and case studies in Brazil.** v. 3. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, 2012. p. 975-1006.

the quality assessment of water resources. In: Bilibio, C.; Hensel, O.; Selbach, J. (Org.).

WOLF, J. C.; WHEELER, J. R. A critical review of histopathological findings associated with endocrine and non-endocrine hepatic toxicity in fish models. **Aquatic Toxicology**, v.197, p. 60-78, 2018.

YANCHEVA, V.; VELCHEVA, I.; STOYANOVA, S.; GEORGIEVA, E. Fish in Ecotoxicological Studies. **Ecologia Balkania**, v. 7, n. 1, p. 149-169, 2015.



## **Diversidade Genética da Ictiofauna do Baixo São Francisco**

Valéria Nogueira Machado<sup>1</sup>; Themis de Jesus da Silva<sup>2</sup>; Emilly Valentim<sup>3</sup>; Ricardo FabioTeodósio<sup>3</sup>; Evaristo Pérez Rial<sup>4</sup>; Emerson Carlos Soares<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Pesquisadora, Universidade Federal do Amazonas*

<sup>2</sup>*Professores Associados, CECA- LAQUA, Universidade Federal de Alagoas*

<sup>3</sup>*Bolsistas de Iniciação Científica, LAQUA, Universidade Federal de Alagoas*

## INTRODUÇÃO

Desde suas cabeceiras, na Serra da Canastra em Minas Gerais, até sua foz no oceano Atlântico, o rio São Francisco percorre cerca de 2.700km levando água e vida a região do semiárido brasileiro, e exatamente por esse motivo costumam compará-lo ao rio Nilo na África (Alves & Leal, 2010). O São Francisco atravessa regiões com condições naturais das mais diversas e possui nove barragens para geração de energia elétrica sendo elas: Usina de Três Marias, Usina de Sobradinho, Usina Itaparica, Usina Moxotó, Usina Paulo Afonso I, Usina Paulo Afonso II, Usina Paulo Afonso III, Usina Paulo Afonso IV e Usina de Xingó (Godinho & Godinho, 2003). Tradicionalmente o rio é dividido em quatro segmentos: o alto, que compreende a região da nascente até Pirapora com uma extensão de 630 km; o segmento médio, que vai de Pirapora a Remanso com um percurso de 1.090 km; o trecho submédio, de Remanso até a cachoeira de Paulo Afonso com 686 km e o baixo São Francisco, que se estende do complexo de Paulo Afonso até sua foz, compreendendo o segmento mais curto do rio com apenas 274 km (Paiva, 1982).

Os diferentes segmentos do São Francisco apresentam diferentes características físico-químicas de suas águas e diferentes características geomorfológicas. O segmento superior é caracterizado por águas rápidas, frias e oxigenadas; o curso médio por correr em uma região de planalto, apresenta menor velocidade de correnteza e está sujeito a grandes cheias; o submédio está praticamente barrado onde a velocidade das águas foi drasticamente reduzida e o baixo, por se tratar de um trecho de planície e também pela redução da velocidade das águas no trecho submédio, é mais lento e encontra-se sob forte influência das águas marinhas (Sato & Godinho, 1999).

Além dos barramentos do rio para geração de energia, o que causa um grande impacto na dinâmica das espécies de peixes do São Francisco, as mesmas também são afetadas pela poluição das águas causadas principalmente por esgotos domésticos e agrotóxicos que são carregados ao rio através da lixiviação do solo. Todas essas alterações na dinâmica e qualidade das águas do São Francisco exigem adaptações das espécies de peixes ao ambiente alterado. Um exemplo de como a redução da vazão do rio altera a dinâmica dos peixes é o desaparecimento ou a diminuição drástica de espécies migradoras no baixo São Francisco como a curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* e o piau *Megaleporinus obtusidens* (Barbosa et al.

2017). A redução da vazão do rio também permite o avanço das águas salgadas do oceano Atlântico rio adentro (Barbosa & Soares, 2009), reduzindo assim, a área de vida de espécies dulciaquícolas na porção baixa do rio São Francisco.

A ictiofauna da bacia hidrográfica do rio São Francisco é relativamente bem conhecida. Embora algumas regiões concentrem maior número de estudos como a região da usina hidrelétrica de Três Marias e a sub-bacia do rio das Velhas, a bacia como um todo já foi bem estudada, sobretudo com respeito a sua composição ictiofaunística e a biologia das espécies (Britski et al. 1984; Britski, 2010; Barbosa & Soares, 2009; Alves & Pompeu, 2011; Barbosa et al. 2017; Godinho & Godinho, 2003). Recentemente, Silva (2017) realizou um levantamento do nível de conhecimento da ictiofauna da bacia do São Francisco objetivando uma padronização da nomenclatura das espécies de peixes dessa bacia antes da efetivação da transposição das águas desse rio para bacias adjacentes.

Embora por tantas modificações no curso do São Francisco, sua ictiofauna seja relativamente bem conhecida, estudos que avaliem as relações filogenéticas das espécies, a diversidade genética, sua estrutura populacional, bem como seus padrões biogeográficos são poucos (Costa-Sá et al. 2012), restringindo-se a alguns gêneros ou espécies de interesse econômico como *Prochilodus argenteus* e *P. costatus* (Melo et al. 2013) e *Pseudoplatystoma corruscans* (Souza et al. 2010). Apenas um estudo molecular conduzido por Carvalho et al. (2011), utilizando a metodologia do DNA Barcode foi mais abrangente. O autor analisou a diversidade dentro de 101 espécies morfológicas, oriundas principalmente do médio e alto curso do rio São Francisco, e encontrou nove táxons com diversidade genética intraespecífica profunda, sugerindo a presença de diversidade críptica dentro dessas espécies. Além disso, também foram observados alguns táxons com linhagens estruturadas no rio Paraopeba, sugerindo possíveis Unidades Evolutivas Significantes (ESU) para esse tributário do São Francisco.

Análises de diversidade genética e estruturação populacional das espécies são úteis para identificar a diversidade íctica da bacia, assim como diagnosticar espécies mais vulneráveis aos impactos gerados pelas várias alterações ambientais decorrentes dos múltiplos usos das águas do São Francisco. O objetivo desse trabalho, portanto foi gerar códigos de barra de DNA para as espécies de peixes do baixo rio São Francisco e, analisar comparativamente com o restante da bacia a diversidade taxonômica desse rio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Coleta dos peixes e extração do DNA*

Durante a segunda expedição científica ao baixo rio São Francisco foram coletadas amostras de tecido muscular de 25 espécies de peixes. O percurso amostrado compreendeu cerca de 240 km entre a cidade de Piranhas e a foz do rio. A identificação taxonômica das espécies foi feita por especialistas e com uso de chaves dicotômicas, literatura especializada, e comparação com exemplares depositados em museus e coleções científicas. Todas as coletas foram realizadas com autorização do SISBIO IBAMA/MMA 66795-1.

As amostras coletadas foram enviadas a Coleção de Tecidos de Genética Animal da Universidade Federal do Amazonas onde foram tombadas.

Quando foi possível, foram utilizadas cinco amostras por espécie para as análises genéticas.

O DNA foi extraído para todas as amostras a serem utilizadas nas análises de *Barcoding*. Em seguida, foi checada a qualidade do DNA, e a região *barcode* do gene mitocondrial citocromo oxidase subunidade I (COI) foi amplificada usando a combinação dos iniciadores COIFishF.2 (5'-TTRTGGRGCTACAAICCC-3') e COIFishR.1 (5'-TACTTCIGGGTGICCRAAGAAAYCA-3') (Colatreli et al., 2012). Os amplicons obtidos foram então purificados e sequenciados bidirecionalmente no sequenciador automático ABI 3500 (Applied Biosystems).

#### *Delimitação de espécies e distâncias genéticas*

As sequências foram alinhadas utilizando a ferramenta de alinhamento MAFFT, implementada no software Geneious 7.0.6 (Kearse et al., 2012) e editadas manualmente. Estas foram então traduzidas em aminoácidos hipotéticos para verificação de inserções, deleções e códons de parada inesperados.

Para determinar as relações filogenéticas entre as espécies e populações de peixes coletados foi utilizada a metodologia do DNA *Barcode* (Hebert et al., 2004) que usa o gene COI + árvore de *neighbor-joining* + modelo evolutivo Kimura - 2 - parâmetros. Entre os métodos que usam distâncias genéticas, o *neighbor-joining* é um dos mais usados, principalmente por causa da sua eficiência computacional, especialmente quando a quantidade de sequências analisadas é muito grande. Este método funciona em passos, minimizando a soma dos comprimentos dos ramos a cada passo do processo de agregação (“clusterização”) das sequências (Kumar et al., 2008).

Para as análises de delimitação das espécies baseadas nos princípios da coalescência, o banco de dados de sequências foi reduzido a haplótipos únicos usando a função hapCollapse (<http://github.com/legalLab/protocols-scripts>). Em seguida, foram geradas árvores filogenéticas

ultramétricas no programa BEAST 2.6.2 (Bouckaert et al., 2014) sob o modelo de substituição de nucleotídeos TIM3 + G inferido como o melhor modelo de evolução molecular no próprio BEAST 2.6.2. O relógio molecular utilizado foi o strict clock e o modelo evolutivo coalescente de tamanho populacional constante. Foram executadas três corridas independentes de 20.000.000 de gerações de MCMC com árvores e parâmetros amostrados a cada 2.000 gerações e, após verificar a convergência, as corridas foram combinadas no LogCombiner 2.5.1 (Rambaut; Drummond, 2018). A convergência dos parâmetros e o tamanho efetivo da amostra ( $ESS > 200$ ) foram verificados no Tracer 1.7 (Rambaut et al., 2018). Uma árvore de máxima credibilidade do clado foi obtida após o *burn-in* de 1.000 árvores usando TreeAnnotator (Bouckaert et al., 2014).

Foram utilizados quatro métodos de delimitação de espécies de um único locus utilizando as sequências geradas neste projeto e as sequências do médio e alto rio São Francisco provenientes do trabalho de Machado et al. (2018) e Carvalho et al. (2011). Os métodos de delimitação utilizados foram: (1) GMYC, o modelo coalescente geral de Yule (Fujisawa; Barraclough, 2013); (2) bGMYC, uma implementação bayesiana do GMYC (Reid; Carstens, 2012); (3) local minima (locMin), uma otimização de limite de distância e abordagem de agrupamento do pacote de software spider\_1.3-0 (Brown et al., 2012); e (4) mPTP, o método de processo de árvore de poisson (Zhang et al., 2013). Todas as análises foram realizadas no R v3.6.1. (R Development Core Team, 2011). As metodologias seguiram os padrões preestabelecidos em Machado et al. (2018).

#### *Distância e diversidade genética*

As distâncias genéticas inter e intraespecíficas (máxima e mínima) das amostras utilizadas foram calculadas através de matrizes de distâncias-*p* utilizando o pacote ape no programa R v3.6.1. (R Development Core Team, 2011).

## **RESULTADOS**

Foram sequenciados em média 630 pares de base do gene mitocondrial Citocromo *c* oxidase subunidade I para 54 espécimes de peixes pertencentes a 19 espécies nominais, cinco táxons identificados apenas no nível de gênero e um no nível de família (Tabela 01). O número de indivíduos por espécie variou de um (ex. *Hoplias malabaricus*, *Prochilodus costatus* e *Eugerres brasiliensis*) a oito em *Schizodon knerii* e *Serrasalmus brandtii*. Foram adicionadas ao banco de dados 465 sequências baixadas do Bold (*Barcode of Life Data System*) provenientes dos trabalhos de Machado et al. (2018) e Carvalho et al. (2011).

Essas sequências são provenientes principalmente da porção média e alta da bacia do São Francisco.

O banco de dados total consistiu de 519 sequências, sendo que apenas uma delas (*Eugerres brasilianus*) foi menor que 500 pares de bases. Nenhuma deleção, inserção ou códon de parada inesperado foi observado.

A média de divergência genética variou de 0% a 13.9% (média de 0.8%) dentro das espécies e de 0% a 21.73% (média de 10.0%) entre as espécies (Tabela 02). A análise de Neighbor-Joining mostrou que muitas das espécies usadas nesse trabalho (69.4%) formaram grupos monofiléticos, e puderam ser discriminadas corretamente (Tabela 02). No entanto, alguns táxons (11), se mostraram parafiléticos e apresentaram altos valores de divergência intraespecífica. Dentro das 84 espécies e morfotipos que puderam ser discriminados, 11 apresentaram valores de divergência interespecífica menor que 2% (valor de corte adotado aqui para delimitação de espécies). No entanto esses valores ainda permitiram a discriminação entre espécies, uma vez que as mesmas formaram coesivos grupos monofiléticos.

**Tabela 1.** Locais de amostragem das espécies de peixes coletadas no baixo rio São Francisco com seus respectivos números de amostras e sequências do gene mitocondrial COI.

Espécie	Pontos de coleta no baixo São Francisco								Total amostras/Sequências COI
	Piranhas	Pão de Açúcar	Traipu	Porto Real do Colégio	Penedo	Igreja Nova	Piaçabuçu	Foz	
<i>Schizodon knerii</i>	11		1	2	1	2			17/8
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	9	3			2		1		15/4
<i>Hoplias microcephalus</i>			1						1/1
<i>Pygocentrus piraya</i>	2								2/2
<i>Serrasalmus brandtii</i>	7	19	1	6	5	1	1		40/8
<i>Metynnis maculatus</i>	1	8	2	8	6	14			40/4
<i>Colossoma macropomum</i>				6					6/0
<i>Prochilodus argenteus</i>				1					1/1
<i>Cichla monoculus</i>	1		2	1	1				5/5
<i>Astronotus cf. ocelatus</i>			3						3/0
Loricariidae	1								1/0
<i>Hypostomus</i> sp.	6								6/3
<i>Eleotris pisonis</i>					2				2/2
<i>Eugerres brasilianus</i>					1		5		1/1

<i>Caranx latus</i>		1	1/1
<i>Archosargus probatocephalus</i>		1	1/1
<i>Strongylura</i> sp.		1	1/1
<i>Centropomus parallelus</i>		1	1/1
<i>Bathygobius</i> cf. <i>saporator</i>		1	1/1
<i>Sciades</i> sp.		4	1 5/3
<i>Eucinostomus melanopterus</i>			1 1/1
<i>Mugil curema</i>			1 1/1
<i>Trachinotus goodei</i>			1 1/1
<i>Trachelyopterus</i> cf. <i>galeatus</i>	1		1/1
<i>Sphoeroides testudineus</i>			3 3/3

Os resultados das análises mostraram que a maioria das espécies sequenciadas (69.4%) formaram grupos monofiléticos, indicando a correta identificação taxonômica das amostras através das análises do DNA *barcode* (Figura 1, Tabela 2). Entre os métodos de delimitação de espécies, locMin foi aquele que identificou um maior número de linhagens/clusters enquanto mPTP foi mais conservador delimitando um menor número de linhagens.

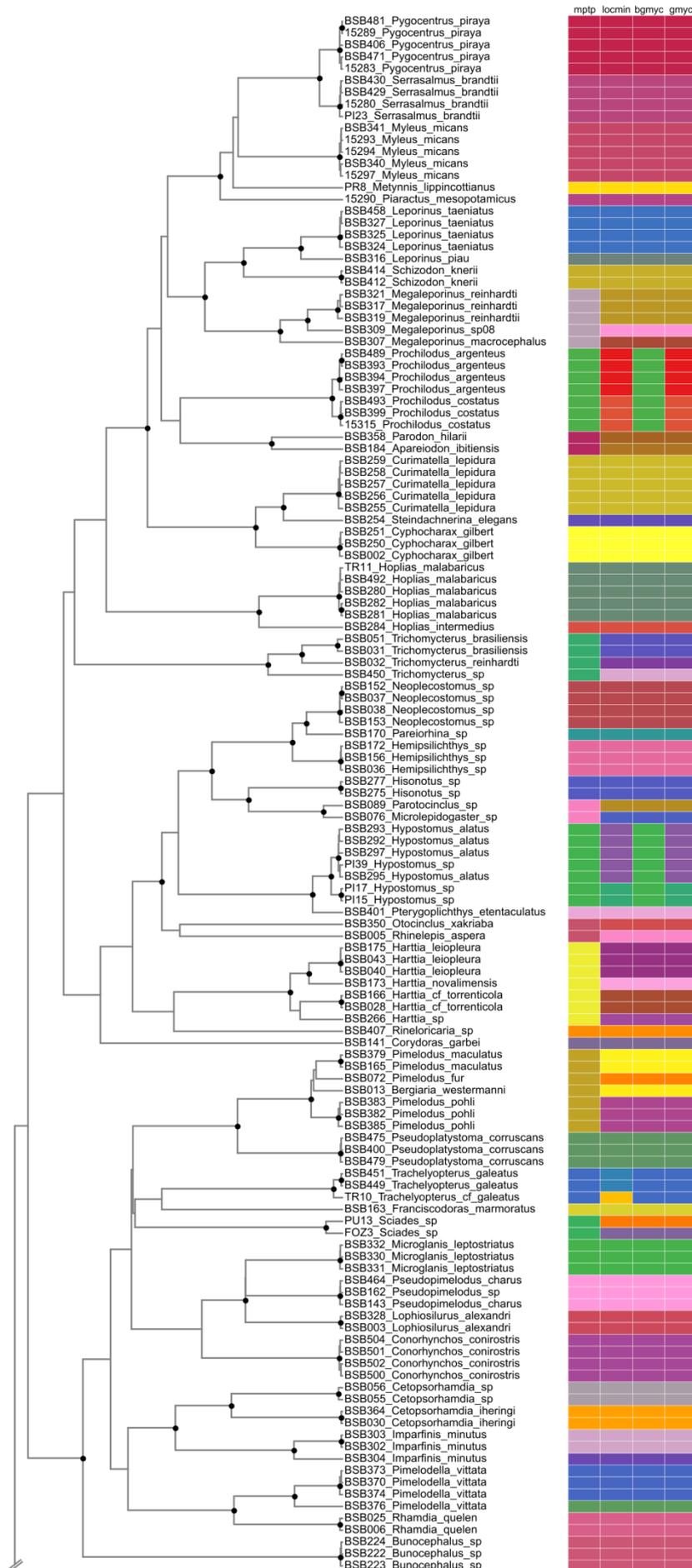
As análises de delimitação usando sequências de COI geradas a partir da coleta de peixes na segunda Expedição ao baixo rio São Francisco, e sequências das porções média e alta desse rio obtidas de Machado et al. (2018) e Carvalho et al. (2011), revelaram que todas as espécies exclusivas de água doce coletadas na porção baixa do São Francisco não compõem linhagens diferentes daquelas ocorrendo nos trechos mais altos do rio. Todos os espécimes das 13 espécies de água doce da porção baixa formaram grupos coesos com os espécimes da parte superior mostrando que essas populações não se encontram diferenciadas ao longo da calha principal do rio São Francisco (Figura 1).

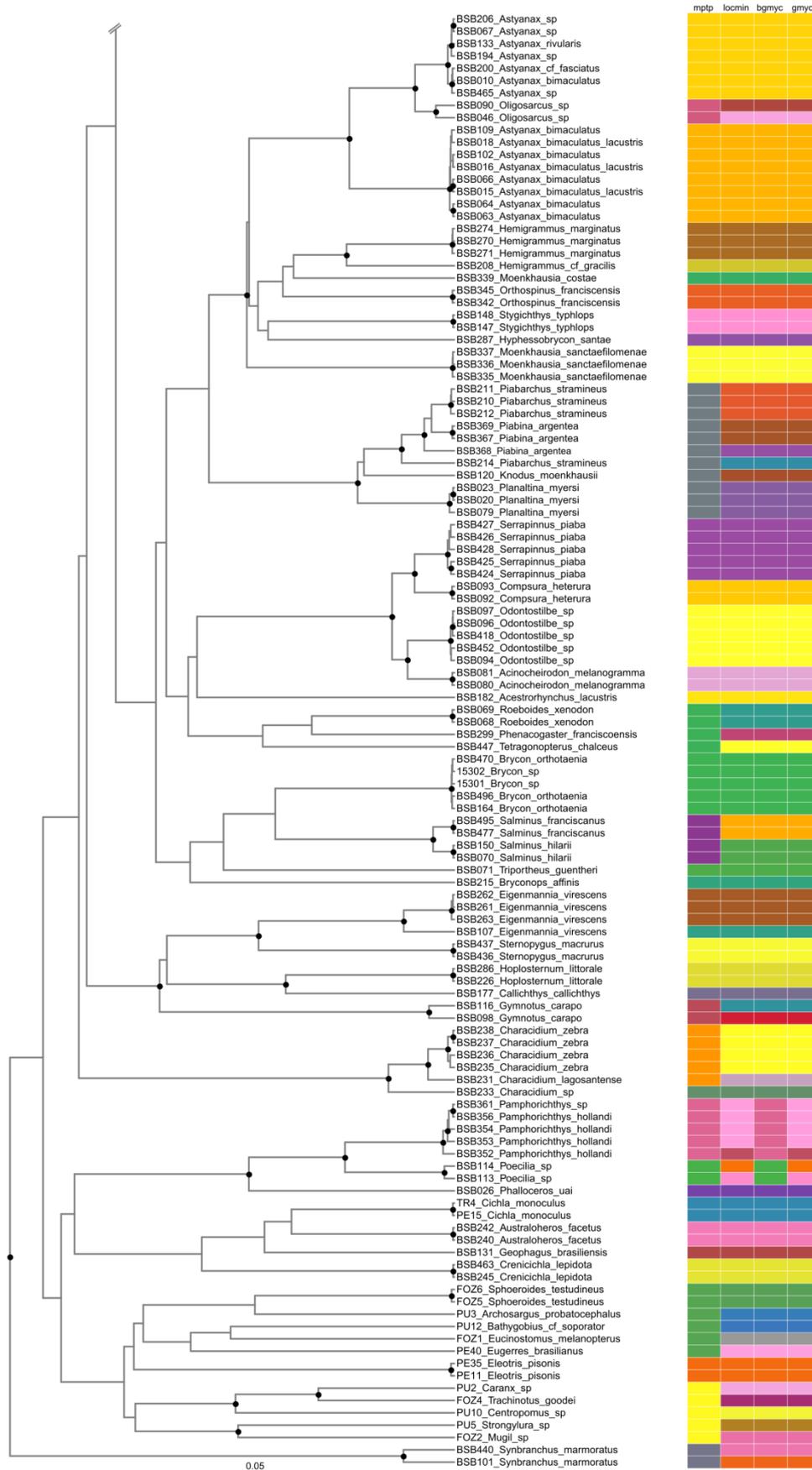
#### *Distância e diversidade genética*

As análises de distância e diversidade genética mostraram níveis variáveis de distância genética interespecífica (de 0 até 21.73%) (Tabela 2). Dentro das espécies a diversidade genética variou de 0.0 a 13.97%, indicando alta variabilidade dentro de algumas delas, como *Astyanax bimaculatus*, *Eigenmannia virescens*, *Synbranchus marmoratus* entre outras. No entanto, a alta variabilidade genética observada em algumas espécies se deve a diversidade críptica não detectada em estudos anteriores. Não levando em conta espécies com um único espécime, particularmente baixos níveis de diversidade intraespecífica foram encontrados em *Serrasalmus brandtii*, *Pygocentrus piraya*, *Crenicichla lepidota*, *Hoplias malabaricus*, *Leporinus piau* e *Prochilodus costatus*. Enquanto outras espécies como *Astyanax bimaculatus*,

*Imparfinis minutus* e *Pimelodella vittata* mostraram altos níveis de diversidade genética intraespecífica (Tabela 2).

A partir dos resultados desse trabalho foi possível observar que algumas espécies são compostas por dois ou mais grupos separados por altos níveis de divergência genética (ex. *Gymnotus carapo*, *Synbranchus marmoratus*, *Astyanax bimaculatus*), variando de 4,6% até 13,9% no gene COI. Essa diversidade foi observada apenas na porção alta da bacia.





**Figura 1.** Delimitação de espécies baseada em DNA barcode-COI (651 pb) dos peixes do rio São Francisco. Cores iguais representam a mesma espécie.

## DISCUSSÃO

A bacia do rio São Francisco é uma bacia altamente alterada pelos múltiplos usos de suas águas. Embora apresente uma riqueza relativamente pequena de espécies de peixes, mostra um alto grau de endemismo dessas espécies. Diversos estudos permitiram, ao longo dos anos, uma caracterização da ictiofauna dentro da bacia, assim como a relação histórica de algumas espécies de peixes com populações de bacias vizinhas. No entanto uma caracterização da diversidade genética dessa ictiofauna bem como uma análise da estrutura das populações de peixes ao longo dessa bacia ainda é incompleta.

Nosso estudo aumentou a amostragem molecular da ictiofauna do rio São Francisco uma vez que foram gerados códigos de barra de DNA (barcodes) para espécies coletadas na porção baixa desse rio. Essas novas sequencias associadas ao banco de dados de Carvalho et al. 2011 da porção media alta e alta do rio São Francisco e de Machado et al. 2018 da porção media alta, permitiu uma análise mais completa da ictiofauna desse rio.

Nossas análises mostraram que as espécies ocorrendo no baixo São Francisco não formam linhagens diferenciadas do restante da bacia. Esse resultado já foi observado por Carvalho et al. (2011) analisando populações de peixes para a porção alta do rio, e isso parece ser um padrão dentro da calha do São Francisco. No entanto, foi possível detectar ao longo da bacia espécies com fortes indícios de diversidade críptica, apresentando distâncias genéticas compatíveis com níveis interespecíficos. *Imparfinis minutus*, por exemplo, apresentou duas linhagens ocorrendo na bacia do rio das Velhas (alto São Francisco) com uma divergência de 9% entre elas. *Synbranchus marmoratus* (muçum) também apresentou duas linhagens divergentes dentro da bacia com distância genética entre elas de 8,2%, um forte indicativo da existência de duas espécies dentro desse táxon ocorrendo no rio Paraopebas (alto rio São Francisco).

A maioria das espécies utilizadas nesse estudo apresentou apenas uma linhagem ocorrendo na bacia do rio São Francisco, isso inclui todas as espécies coletadas na parte baixa do rio. Espécies com linhagens divergentes foram observadas apenas nos tributários da parte alta da bacia, o que mostra que mesmo muito barrado e poluído, a troca de material genético entre as espécies de peixes ao longo de toda a calha do São Francisco não foi interrompida. No entanto, a porção baixa do rio sem duvida é a mais afetada por todas as alterações na bacia. As populações das espécies ocorrendo nessa região não tem a opção de fuga da poluição e da intrusão salina, uma vez que os tributários do baixo São Francisco não são perenes e as lagoas marginais também são profundamente afetadas com a redução da vazão. Embora haja a troca de material genético ao longo de todo rio, a tendência das populações do baixo é o

endocruzamento, o que diminui o potencial genético das espécies podendo levar a redução drástica das populações locais, o que já tem sido observado para algumas espécies como a curimatã-pacu *Prochilodus argenteus* e o piau *Megaleporinus obtusidens*.

Os resultados desse trabalho, portanto, indicam possíveis eventos de especiação em curso ou concretizadas ocorrendo nos tributários da parte alta da bacia do São Francisco, mas também mostram a redução da diversidade genética das espécies em direção à parte baixa, uma vez que para a maioria das espécies coletadas no baixo São Francisco a diversidade foi baixa. Isso evidencia a singularidade da região estudada e conseqüentemente agrava os impactos gerados pela poluição e intrusão salina sobre a ictiofauna.

**Tabela 2.** Estatísticas do conjunto de dados discriminadas por espécie incluindo: contagem individual, número de espécimes utilizados, tamanho da sequência do gene COI em pares de base, máxima divergência intraespecífica (distância p), divergência interespecífica mínima (distância p), espécies mais próximas filogeneticamente e monofilia dos táxons.

Espécie	Indivíduos	Tamanho da sequência (bp)	Max_intra (%)	Min_inter (%)	Espécies mais próximas	Monofilético?
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	5	651	0	18,641	<i>Triportheus guentheri</i>	Sim
<i>Acinocheiroidon melanogramma</i>	4	651	0,346	7,527	<i>Odontostilbe</i> sp.	Sim
<i>Apareiodon ibitiensis</i>	1	651	0	12,289	<i>Parodon hilarii</i>	Singleton
<i>Archosargus probatocephalus</i>	1	594	0	14,757	<i>Cichla monoculus</i>	Singleton
<i>Astyanax bimaculatus</i>	22	651	13,978	0	<i>Astyanax bimaculatus lacustris</i> ; <i>Astyanax</i> cf. <i>fasciatus</i> ; <i>Astyanax</i> sp.	Sim
<i>Astyanax bimaculatus lacustris</i>	4	651	0,461	0	<i>Astyanax bimaculatus</i>	Sim
<i>Astyanax</i> cf. <i>fasciatus</i>	5	651	0	0	<i>Astyanax bimaculatus</i> ; <i>Astyanax</i> sp.	FALSE
<i>Astyanax rivularis</i>	2	651	0	0,307	<i>Astyanax</i> sp.	Sim
<i>Astyanax</i> sp.	6	651	1,571	0	<i>Astyanax rivularis</i> ; <i>Astyanax bimaculatus</i> ; <i>Astyanax</i> cf. <i>fasciatus</i>	Sim
<i>Australoheros facetus</i>	5	651	0,154	15,63	<i>Cichla monoculus</i>	Sim
<i>Bathygobius</i> cf. <i>soporator</i>	1	594	0	17,508	<i>Pareiorhina</i> sp.	Singleton
<i>Bergiaria</i>	2	651	0	4,608	<i>Pimelodus fur</i>	Sim

<i>westermanni</i>						
<i>Brycon orthotaenia</i>	5	651	0,333	0	<i>Brycon</i> sp.	Sim
<i>Brycon</i> sp.	3	595	0,168	0	<i>Brycon orthotaenia</i>	Sim
<i>Bryconops affinis</i>	3	651	0	17,358	<i>Odontostilbe</i> sp.	Não
<i>Bunocephalus</i> sp.	4	651	0,307	15,825	<i>Sciades</i> sp.	Sim
<i>Callichthys callichthys</i>	1	651	0	17,358	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	Singleton
<i>Caranx</i> sp.	1	594	0	14,141	<i>Trachinotus goodei</i>	Singleton
<i>Centropomus</i> sp.	1	594	0	18,966	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Singleton
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	3	651	0,159	15,054	<i>Cetopsorhamdia</i> sp.	Sim
<i>Cetopsorhamdia</i> sp.	5	651	0,922	15,054	<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	Sim
<i>Characidium lagsantense</i>	2	651	0	4,916	<i>Characidium zebra</i>	Sim
<i>Characidium</i> sp.	2	651	0	10,138	<i>Characidium zebra</i>	Sim
<i>Characidium zebra</i>	4	651	1,382	4,916	<i>Characidium lagsantense</i>	Sim
<i>Cichla monoculus</i>	5	595	0,174	14,757	<i>Archosargus probatocephalus</i>	Sim
<i>Compsura heterura</i>	2	651	0,461	6,605	<i>Serrapinnus piaba</i>	Sim
<i>Conorhynchos conirostris</i>	6	611	0,655	14,239	<i>Lophiosilurus alexandri</i> ; <i>Pimelodus pohli</i>	Sim
<i>Corydoras garbei</i>	1	651	0	15,975	<i>Tetragonopterus chalceus</i>	Singleton
<i>Crenicichla lepidota</i>	6	651	0,161	21,739	<i>Eugerres brasilianus</i> ; <i>Australoheros facetus</i>	Sim
<i>Curimatella lepidura</i>	6	651	0,614	9,677	<i>Steindachnerina elegans</i>	Não
<i>Cyphocharax gilbert</i>	3	651	0,461	11,433	<i>Curimatella lepidura</i>	Sim
<i>Eigenmannia virescens</i>	6	651	8,602	16,59	<i>Pimelodus pohli</i> ; <i>Hisonotus</i> sp.	Sim
<i>Eleotris pisonis</i>	2	594	0,673	18,182	<i>Rhamdia quelen</i> ; <i>Bathygobius</i> cf. <i>soporator</i>	Sim
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	1	594	0	17,677	<i>Pseudopimelodus charus</i>	Singleton
<i>Eugerres brasilianus</i>	1	468	0	18,162	<i>Prochilodus costatus</i>	Singleton
<i>Franciscodoras marmoratus</i>	1	651	0	14,286	<i>Pseudopimelodus charus</i>	Singleton
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	651	0	16,134	<i>Cichla monoculus</i>	Singleton
<i>Gymnotus carapo</i>	4	651	4,608	16,743	<i>Rineloricaria</i> sp.; <i>Pimelodus maculatus</i>	Sim

<i>Harttia cf. torrenticola</i>	6	651	0,168	7,629	<i>Harttia</i> sp.	Sim
<i>Harttia leiopleura</i>	7	651	0,307	6,298	<i>Harttia novalimensis</i>	Sim
<i>Harttia novalimensis</i>	4	651	0	6,298	<i>Harttia leiopleura</i>	Sim
<i>Harttia</i> sp.	3	651	0	7,629	<i>Harttia cf. torrenticola</i>	Sim
<i>Hemigrammus cf. gracilis</i>	1	651	0	13,21	<i>Hemigrammus marginatus</i>	Singleton
<i>Hemigrammus marginatus</i>	4	651	0,307	13,21	<i>Hemigrammus cf. gracilis</i>	Sim
<i>Hemipsilichthys</i> sp.	5	651	0,307	7,834	<i>Pareiorhina</i> sp.	Sim
<i>Hisonotus</i> sp.	3	651	0,307	13,323	<i>Parotocinclus</i> sp.	Sim
<i>Hoplias intermedius</i>	1	651	0	11,379	<i>Hoplias malabaricus</i>	Singleton
<i>Hoplias malabaricus</i>	11	651	0,672	11,379	<i>Hoplias intermedius</i>	Sim
<i>Hoplosternum littorale</i>	6	651	0,154	18,28	<i>Callichthys callichthys</i> ; <i>Serrapinnus piaba</i>	Sim
<i>Hyphessobrycon santae</i>	5	651	0	15,515	<i>Oligosarcus</i>	Não
<i>Hypostomus alatus</i>	4	651	0,792	0,345	<i>Hypostomus</i> sp.	Sim
<i>Hypostomus</i> sp.	4	580	2,414	0,345	<i>Hypostomus alatus</i>	Não
<i>Imparfinis minutus</i>	6	651	9,063	15,975	<i>Pseudopimelodus charus</i> ; <i>Pseudopimelodus</i> sp.	Sim
<i>Knodus moenkhausii</i>	10	651	0	10,427	<i>Planaltina myersi</i>	Sim
<i>Leporinus piau</i>	11	651	0	7,527	<i>Leporinus taeniatus</i>	Não
<i>Leporinus taeniatus</i>	5	651	0,317	7,527	<i>Leporinus piau</i>	Sim
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	3	651	0,324	10,906	<i>Pseudopimelodus charus</i>	Sim
<i>Megaleporinus macrocephalus</i>	1	651	0	9	<i>Megaleporinus reinhardti</i>	Singleton
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	1	595	0	0	<i>Megaleporinus sp08</i>	Singleton
<i>Megaleporinus reinhardti</i>	5	651	1,167	6,298	<i>Megaleporinus obtusidens</i> ; <i>Megaleporinus sp08</i>	Sim
<i>Megaleporinus sp08</i>	6	651	0	0	<i>Megaleporinus obtusidens</i>	Não
<i>Metynnis lippincontianus</i>	4	595	0	12,069	<i>Serrasalmus brandtii</i> ; <i>Pygocentrus piraya</i>	Sim
<i>Microglanis leptostriatus</i>	5	651	0,461	12,56	<i>Pseudopimelodus charus</i>	Não
<i>Microlepidogaster</i> sp.	2	645	0	4,186	<i>Parotocinclus</i> sp.	Sim

<i>Moenkhausia costae</i>	1	651	0	17,358	<i>Hemigrammus cf. gracilis</i>	Singleton
<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>	5	651	0,307	17,665	<i>Astyanax bimaculatus;</i> <i>Hemigrammus cf. gracilis</i>	Sim
<i>Mugil</i> sp.	1	594	0	17,508	<i>Myleus micans</i>	Singleton
<i>Myleus micans</i>	7	651	0,493	12,882	<i>Pygocentrus piraya</i>	Sim
<i>Neoplecostomus</i> sp.	7	651	0,632	7,373	<i>Pareiorhina</i> sp.	Sim
<i>Odontostilbe</i> sp.	10	651	0,614	7,527	<i>Acinocheiroduon melanogramma;</i> <i>Serrapinnus piaba</i>	Sim
<i>Oligosarcus</i>	2	651	0	3,994	<i>Oligosarcus</i> sp.	Sim
<i>Oligosarcus</i> sp.	2	651	0	3,994	<i>Oligosarcus</i>	Sim
<i>Orthospinus franciscensis</i>	4	651	0,307	16,283	<i>Astyanax bimaculatus lacustris;</i> <i>Oligosarcus</i> sp.; <i>Astyanax bimaculatus;</i> <i>Roeboides xenodon;</i> <i>Oligosarcus;</i> <i>Astyanax rivularis;</i> <i>Astyanax</i> sp.	Sim
<i>Otocinclus xakriaba</i>	2	651	0	15,361	<i>Hisonotus</i> sp.	Sim
<i>Pamphorichthys hollandi</i>	6	651	2,458	0	<i>Pamphorichthys</i> sp.	Sim
<i>Pamphorichthys</i> sp.	1	651	0	0	<i>Pamphorichthys hollandi</i>	Singleton
<i>Pareiorhina</i> sp.	2	651	0	7,373	<i>Neoplecostomus</i> sp.	Sim
<i>Parodon hilarii</i>	3	651	0	12,289	<i>Apareiodon ibitiensis</i>	Sim
<i>Parotocinclus</i> sp.	2	651	0	4,186	<i>Microlepidogaster</i> sp.	Sim
<i>Phalloceros uai</i>	8	651	0	17,358	<i>Pamphorichthys hollandi</i>	Não
<i>Phenacogaster franciscoensis</i>	1	651	0	16,283	<i>Piabina argentea;</i> <i>Tetragonopterus chalceus</i>	Singleton
<i>Piabarchus stramineus</i>	4	651	8,141	3,84	<i>Piabina argentea</i>	Sim
<i>Piabina argentea</i>	3	651	5,837	3,84	<i>Piabarchus stramineus</i>	Sim
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	5	609	0	13,937	<i>Pygocentrus piraya</i>	Sim
<i>Pimelodella vittata</i>	6	651	8,602	11,25	<i>Rhamdia quelen</i>	Sim
<i>Pimelodus fur</i>	3	651	0	4,455	<i>Pimelodus maculatus</i>	Sim
<i>Pimelodus maculatus</i>	5	651	0,322	4,455	<i>Pimelodus fur</i>	Sim
<i>Pimelodus pohli</i>	4	651	0,922	4,608	<i>Pimelodus fur</i>	Sim
<i>Planaltina myersi</i>	6	651	0,922	10,427	<i>Piabina argentea;</i> <i>Knodus moenkhausii</i>	Sim
<i>Poecilia</i> sp.	5	651	2,151	13,21	<i>Pamphorichthys hollandi</i>	Não

<i>Prochilodus argenteus</i>	11	651	0,614	1,61	<i>Prochilodus costatus</i>	Sim
<i>Prochilodus costatus</i>	9	651	0,168	1,61	<i>Prochilodus argenteus</i>	Sim
<i>Pseudopimelodus charus</i>	2	651	0,322	0,307	<i>Pseudopimelodus</i> sp.	Não
<i>Pseudopimelodus</i> sp.	1	651	0	0,307	<i>Pseudopimelodus charus</i>	Singleton
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	4	651	0,322	11,521	<i>Pimelodus pohli</i>	Sim
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i>	7	651	0	5,042	<i>Hypostomus alatus</i> ; <i>Hypostomus</i> sp.	Sim
<i>Pygocentrus piraya</i>	17	651	0,517	4,138	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Sim
<i>Rhamdia quelen</i>	6	651	0,478	11,25	<i>Pimelodella vittata</i>	Sim
<i>Rhinelepis aspera</i>	1	648	0	15,878	<i>Leporinus piau</i>	Singleton
<i>Rineloricaria</i> sp.	2	651	0	15,888	<i>Harttia</i> sp.	Sim
<i>Roeboides xenodon</i>	4	651	0,307	13,671	<i>Tetragonopterus chalceus</i>	Sim
<i>Salminus franciscanus</i>	8	600	0,167	5,333	<i>Salminus hilarii</i>	Sim
<i>Salminus hilarii</i>	2	651	0,154	5,333	<i>Salminus franciscanus</i>	Sim
<i>Schizodon knerii</i>	15	651	0,172	12,721	<i>Leporinus taeniatus</i>	Sim
<i>Sciades</i> sp.	3	594	3,535	14,912	<i>Trachelyopterus</i> cf. <i>galeatus</i>	Sim
<i>Serrapinnus piaba</i>	5	651	1,382	6,605	<i>Compsura heterura</i>	Sim
<i>Serrasalmus brandtii</i>	23	651	0,558	4,138	<i>Pygocentrus piraya</i>	Sim
<i>Sphoeroides testudineus</i>	3	594	0,505	16,498	<i>Hoplias malabaricus</i>	Sim
<i>Steindachnerina elegans</i>	3	651	0	9,677	<i>Curimatella lepidura</i>	Sim
<i>Sternopygus macrurus</i>	4	651	0,154	17,665	<i>Steindachnerina elegans</i> ; <i>Eigenmannia virescens</i>	Sim
<i>Strongylura</i> sp.	1	594	0	18,35	<i>Cichla monoculus</i>	Singleton
<i>Stygichthys typhlops</i>	5	651	0,154	15,668	<i>Astyanax bimaculatus</i> ; <i>Astyanax bimaculatus lacustris</i>	Sim
<i>Synbranchus marmoratus</i>	3	651	8,295	19,508	<i>Prochilodus argenteus</i> ; <i>Trachelyopterus galeatus</i> ; <i>Roeboides xenodon</i>	Sim
<i>Tetragonopterus chalceus</i>	2	651	0	13,671	<i>Roeboides xenodon</i>	Sim
<i>Trachelyopterus</i> cf. <i>galeatus</i>	1	570	0	1,754	<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Singleton
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	2	651	0,154	1,754	<i>Trachelyopterus</i> cf. <i>galeatus</i>	Sim

<i>Trachinotus goodei</i>	1	594	0	14,141	<i>Caranx</i> sp.	Singleton
<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	4	651	1,075	7,68	<i>Trichomycterus reinhardti</i>	Sim
<i>Trichomycterus reinhardti</i>	3	651	0	7,68	<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	Sim
<i>Trichomycterus sp</i>	1	651	0	10,445	<i>Trichomycterus brasiliensis</i>	Singleton
<i>Triportheus guentheri</i>	1	651	0	15,668	<i>Prochilodus argenteus</i>	Singleton

---

## REFERÊNCIAS

Alves, C. B. M., Leal, C. G. Aspectos da conservação da fauna de peixes da bacia do rio São Francisco em Minas Gerais. **MG.Biota**. v2, 2010.

Alves, C. B. M.; Pompeu, P. S. A fauna de peixes da bacia do rio das Velhas no final do século XX. In: ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S. (Org.). *Peixes do Rio das Velhas*, passado e presente. 2 ed. Belo Horizonte: **Argvmentvm**, 2010, p. 167-189.

Barbosa, J.M., Soares, E.C. Perfil da ictiofauna da Bacia do São Francisco: Estudo preliminar. **Rev. Bras. Eng. Pesca**. 2009. 4 (1): 155-172.

Barbosa, J. M., Soares, E. C., Cintra, I. H. A., Hermann, M., Araujo, A. R. R. Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco. **Acta of Fisheries and Aquatic Resource**. 2017. 5(1) 70-90.

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: Câmara dos Deputados/Codevasf, 1984. 143p.

Britski, H.A. Sobre a obra Velhas-Flodens Fiske [Peixes do Rio das Velhas]. p.17-24. In: Alves, C. B. M. & Pompeu, P.S. (org.). **Peixes do rio das Velhas: passado e presente** 2ª ed. Belo Horizonte: UFMG/Projeto Manuelzão. 2010.

Brown, S. D. J. et al. Spider: an R package for the analysis of species identity and evolution, with particular reference to DNA barcoding. **Molecular Ecology Resources** 12, 562–565, <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03108.x> (2012).

Carvalho, D. C., Oliveira, D. A. A., Pompeu, P. S., Leal, C. G., Oliveira, C., Hanner, R. Deep barcode divergence in Brazilian freshwater fishes: the case of the São Francisco River basin. **Mitochondrial DNA**. 2011. 22 (S1): 80-86.

Colatreli, O. P., Meliciano, N. V., Toffoli, D., Farias, I. P., Hrbek, T. Deep Phylogenetic Divergence and Lack of Taxonomic Concordance in Species of *Astronotus* (Cichlidae). **International journal of evolutionary biology**. 2012. 8p.

Costa-Sá, C., Santos, A., Pereira, A. L. C., Diniz, M. C. Análise preliminar do perfil genético da ictiofauna das regiões afetadas pelo projeto de integração do rio São Francisco com bacias

hidrográficas do Nordeste Setentrional in: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, 7.; Jornada de Iniciação Científica da Facepe/Univasf, 1., 2012, Petrolina. Anais...Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012.

Fujisawa, T. & Barraclough, T. Delimiting species using single-locus data and the generalized mixed Yule coalescent approach: A revised method and evaluation on simulated data sets. **Systematic Biology** 62, 707–724, <https://doi.org/10.1093/sys-bio/syt033> (2013).

Godinho, H. P., Godinho, A. L. **Águas, Peixes e Pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas. 2003. 468p.

Hebert, P. D. N. et al. Identification of birds through DNA barcodes. **PLoS Biology**, v. 2, n. 10, 2004.

Kearse, M. et al. Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. **Bioinformatics** 28, 1647–1649, <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199> (2012).

Machado, V. N. et al. One thousand DNA barcodes of piranhas and pacus reveal geographic structure and unrecognised diversity in the Amazon. **Scientific Reports**, v. 8, n. 8387, 2018.

Melo, B. F., Sato, Y., Foresti, F., Oliveira, C. The roles of marginal lagoons in the maintenance of genetic diversity in the Brazilian migratory fishes *Prochilodus argenteus* and *P. costatus*. **Neotropical Ichthyology**. 2013. 11 (3): 625-636.

Paiva, M. P. **Grandes represas do Brasil**. Brasília: Editerre. 1982. 304p.

Rambaut, A., Drummond, A. J., Xie, W., Baele, G., & Suchard, M. A. Tracer v1.7.1 <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/tracer/> (2018).

Reid, N. M. & Carstens, B. C. Phylogenetic estimation error can decrease the accuracy of species delimitation: a Bayesian implementation of the general mixed Yule-coalescent model. **BMC Evolutionary Biology** 12, 196, <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-196> (2012).

Sato, Y., Godinho, H. P. Peixes da bacia do rio São Francisco, p. 401-413. In: Lowe-McConnell, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Edusp. 1999. 534p.

Silva, M. J. **Diversidade e conservação da ictiofauna das bacias envolvidas no projeto de Transposição do rio São Francisco**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017. 163p. (Tese, Doutorado em Sistemática e Evolução).

Sousa, A. B., Carvalho, D. C., Melo, D. C., Seerig, A. S., Teixeira, E. A., Turra, E. M., Faria, P. M. C., Crepaldi, D. V., Oliveira, D. A. A. Monitoramento genético como ferramenta auxiliar no recrutamento de reprodutores do Surubim do São Francisco *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces; Pimelodidae). **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 5, Ed. 110, Art. 743, 2010.

Zhang, J., Kapli, P., Pavlidis, P. & Stamatakis, A. A general species delimitation method with applications to phylogenetic placements. **Bioinformatics** 29, 2869–2876, <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt499> (2013)



## Avaliação da Paisagem Acústica na Região do Baixo Rio São Francisco

Alfredo Borie-Mojica<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Unidade Acadêmica Penedo/AL  
[a.borie@gmail.com](mailto:a.borie@gmail.com)

### RESUMO

A paisagem acústica do Baixo rio São Francisco foi avaliada utilizando o método acústico passivo efetuando gravações subaquáticas entre as ~17:00 e 06:00 h em sete locais entre Piranhas e a foz do rio, onde foram detectados diferentes tipos de sons biológicos (biofônicos) e antropogênicos (antrofônicos). Os sons predominantes nessas localidades, exceto na foz foram característicos de sons emitidos por camarões, que ocorreram principalmente no final da tarde e início da manhã. Os valores médios das altas e baixas frequências foram de  $8,4 \pm 0,8$  e  $3,7 \pm 0,3$  kHz respectivamente, e frequência central de  $5,5 \pm 0,09$  kHz. Além deste tipo de som, na região de Piaçabuçu e estuário foram identificados outros dois tipos de sons de camarões com banda de frequência entre 1 a 15 kHz, podendo chegar a 40 kHz e 0,5 e 10 kHz respectivamente. Na área de Piaçabuçu, a paisagem acústica apresentou características similares a ecossistemas estuarinos. Esporadicamente foi possível também detectar sons de peixes com baixas frequências (entre 0,2 e 1,5 kHz), principalmente na região de Piaçabuçu e estuário, em Piranhas foi detectado um tipo de som similar ao encontrado em espécies do gênero *Prochilodus*. Também foram detectados ruídos antropogênicos de diferentes embarcações com ampla banda de frequência (entre 0,2 e 15 kHz), podendo mascarar sons biológicos. Estes resultados indicam que a acústica passiva pode ser utilizada como ferramenta de monitoramento das atividades biológicas e antrópicas, assim como as condições em ambientes de águas continentais e estuarinas.

### ABSTRACT

The soundscape of lower São Francisco river was evaluated using the passive acoustic method, making underwater recordings between ~17:00 and 05:00 h at seven locations between

Piranhas and the mouth of the river, where different types of biological sounds (biophonic) and anthropogenic (anthrophonic) were detected. The predominant sounds in these locations except at the mouth were characteristic of sounds emitted by shrimp, which occurred mainly in the late afternoon and early morning. The average values of the high and low frequencies were  $8.4 \pm 0.8$  and  $3.7 \pm 0.3$  kHz respectively, and the central frequency was  $5.5 \pm 0.9$  kHz. In addition to this type of sound, in Piaçabuçu and estuary regions have been identified two other types of shrimp sounds with a frequency band between 1 to 15 kHz, reaching 40 kHz and 0.5 and 10 kHz respectively. In the Piaçabuçu area, the soundscape presented similar characteristics to estuarine ecosystems. Sporadically it was also possible to detect fish sounds with low frequencies (between 200 and 1500 Hz), mainly in the Piaçabuçu and mouth region, in Piranhas a type of sound similar to that found in species of the genus *Prochilodus* was detected. Anthropogenic noises were also detected from different vessels with a wide frequency band (between 0.2 and 15 kHz), which can mask biological sounds. These results indicate that passive acoustics can be used as a tool for monitoring biological and human activities, as well as conditions in continental and estuarine environments.

## INTRODUÇÃO

Monitorar alterações dos ambientes e seus habitantes é uma necessidade crítica de gestão e um desafio tecnológico considerável. Em muitos habitats marinhos, o monitoramento a médio e longos prazos é uma tarefa desafiadora e, nesse sentido, a paisagem acústica pode ser um meio eficaz para avaliar a atividade biológica e antrópica em locais onde o monitoramento contínuo por métodos de pesquisa tradicionais é impraticável.

A paisagem acústica é o conjunto de sons de um determinado ambiente (Farina et al., 2011), e pode ser útil como um indicador confiável de tipo de habitat e potencialmente transmitir informação de qualidade do habitat (Lillis et al. 2014), sendo aplicada a qualquer ecossistema, fornece informações valiosas sobre sinais acústicos naturais que ocorrem em diversos ecossistemas (Staaterman et al., 2013). Para estudar a paisagem acústica e os sons que a compõem, recentemente vem sendo utilizado o 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). Estudos utilizando a acústica passiva vem permitindo avaliar a paisagem acústica subaquática em diversos ecossistemas, principalmente marinhos, como o de águas profundas (Wall et al., 2014), costeiros temperadas (Radford et al. 2008, 2010, Butler et al., 2016) e tropicais, incluindo recifes de corais (Bertucci et al., 2015; Staaterman et al., 2013).

Diversos organismos aquáticos são capazes de emitir sons para a comunicação associados a diferentes tipos de comportamentos (Tyack 1998). O conjunto destes sons permite definir a paisagem acústica de diversos ambientes, indicando o grau de diversidade de espécies, o estado de conservação do ambiente, além de ser útil para avaliar a distribuição dos organismos (Pijanowski et al., 2011; Farina & Pieretti, 2012). Em ambientes marinhos predominam os sons biológicos (biofônicos) produzidos por diversas espécies de mamíferos aquáticos (Janik et al., 2005), peixes (Amorim et al., 2006; Kaatz, 2010), crustáceos (Boon et al., 2009), equinodermos (Radford et al., 2008) e moluscos (Lilis et al., 2016). Dentre eles, os sons dos peixes (mais de 800 espécies) estão chamando a atenção devido a sua relação com diversos comportamentos, como, reprodução (cortejo e desova) e alimentação (Tricas e Boyd., 2014; Ladich 2014). Alguns peixes sonoros podem formar agregações e produzir grande eventos do tipo coros. Investigar o comportamento dos peixes é especialmente difícil porque eles raramente podem ser vistos e contados. Neste caso, um dos maiores desafios para o estudo das populações de peixes é a capacidade de coletar dados sobre grandes escalas espaciais e temporais, sem se intrometer nas vidas destes animais.

O monitoramento acústico subaquático apresenta 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). Sabe-se que em águas continentais, peixes de importância comercial da família Prochilodontidae, Curimatidae e Sciaenidae emitem sons durante o período reprodutivo (Borie et al., 2014; 2019), além dos peixes, crustáceos, principalmente camarão são um componente importante da paisagem acústica aquática.

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.

Lacunas de conhecimento, incluindo ruído de fundo, variação espaço-temporal e a necessidade de repositórios de coleta de referência. Esses desafios precisam ser superados antes que todo o potencial da acústica passiva na detecção dinâmica de processos biofísicos possa ser realizado e usado para informar profissionais e gestores da conservação.

## **MATÉRIAL E MÉTODOS**

Na II Expedição Científica do Baixo São Francisco, realizada entre os dias 18 e 26 de novembro de 2019, foram feitas gravações subaquáticas para avaliar a paisagem acústica nas localidades de Piranhas (9°37'37"S, 37°45'10"O), Pão de Açúcar (9°45'0"S, 37°26'55"O), Traipu (9°58'38"S, 36°59'51"O), Porto Real do Colégio (10°12'28"S, 36°49'33"O), Penedo (10°17'29"S, 36°35'20"O), Piaçabuçu (10°24'27"S, 36°26'9"O), pertencentes ao estado de Alagoas, incluindo gravação na foz do rio São Francisco (10°28'48"S, 36°24'22"O).

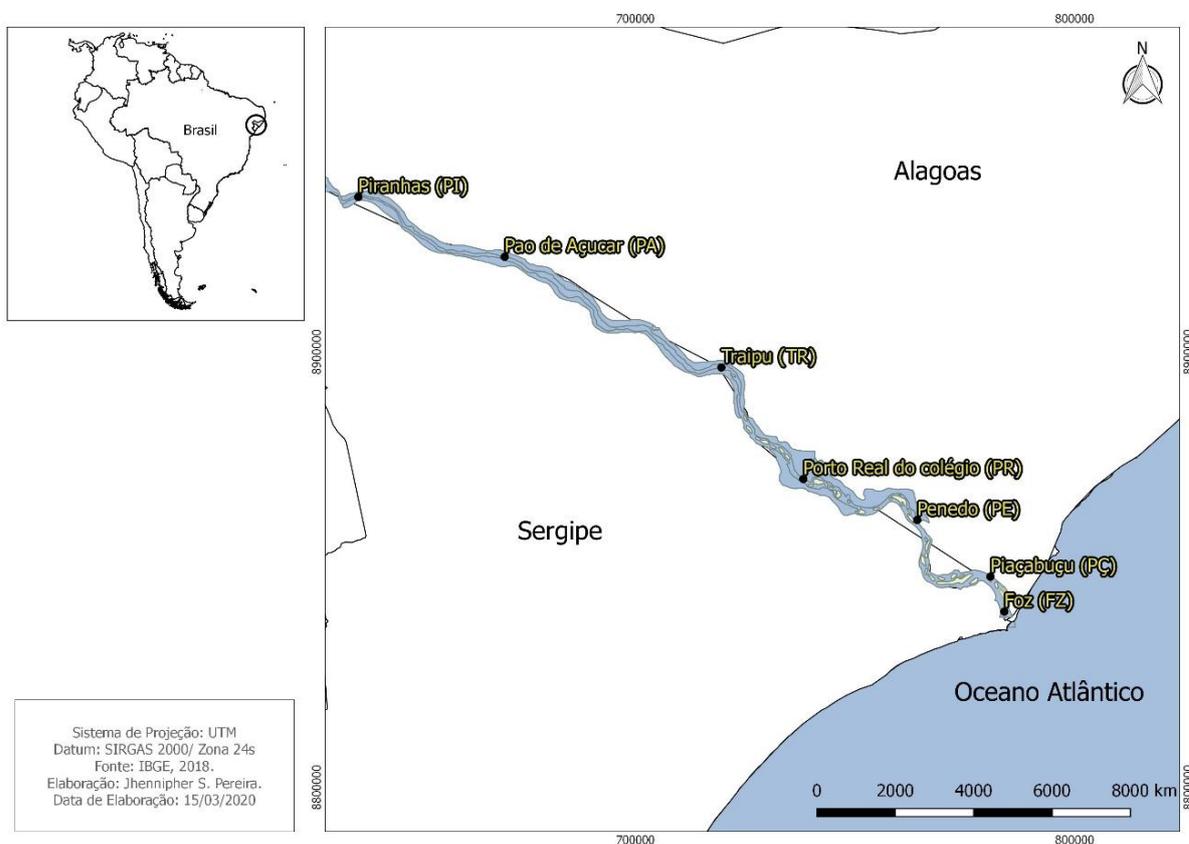
A paisagem acústica foi avaliada utilizando um gravador subaquático do modelo "SoundTrap (ST) 300" (Ocean Instrument, New Zealand). O STD é destinado para uso geral de medições de ruído aquáticos com uma gama de 20 Hz a 60 kHz, com frequência de amostragem 48kHz, 16 bits. Este sistema permitiu avaliar 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 a uma poita de cimento, foram utilizadas boias para armação do equipamento no fundo.

O tipo de substrato de fundo em Piranhas e Pão de Açúcar fundo de pedra; Traipu, fundo de areia (2m), com macrófitas fanerógamas. Em penedo foi instalado em fundo de areia próximo a ilha em frene a rampa da balsa e em Piaçabuçu próximo do porto. Na foz do rio São Francisco foi realizada uma deriva por 25 minutos na embarcação com motor desligado. As

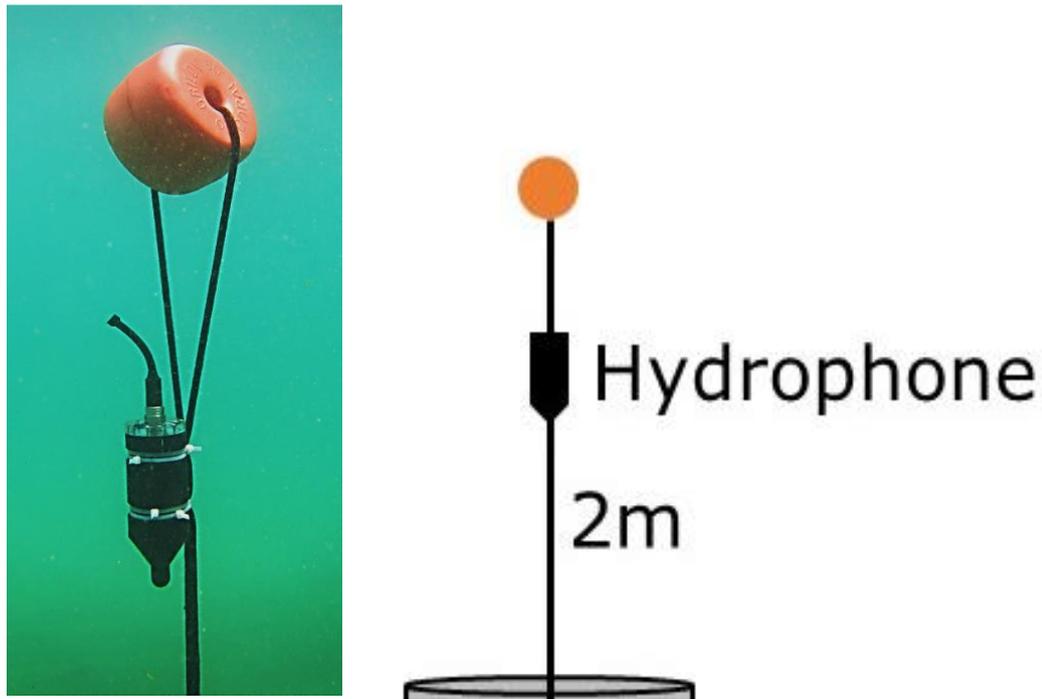
gravações ocorreram em áreas de com profundidades de 1 a 6 metros e foram realizadas no final da tarde até o início da manhã do dia seguinte (entre as 17:00 e 06:30 hrs.), devido a maior ocorrência de sinais acústicos nesse horário.

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).

O programa Raven Pro 1.6 (Cornell Lab) foi utilizado para avaliar os tipos de sons detectado onde forma efetuados cortes de diferentes comprimentos (duração) nas gravações para serem gerados oscilograma, espectrogramas, e espectros de potência.



**Figura 1.** Locais de gravação acústica subaquática na região do baixo São Francisco.



**Figura 2.** Sistema de gravação, hidrofone SoundTrap 300, boia e ancoragem. *Foto e desenho: Alfredo Borie-Mojica*

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a II Expedição Científica na região do Baixo São Francisco realizada no mês de novembro de 2019, foram detectados diferentes tipos de sons que fizeram parte da paisagem acústica da região, principalmente característicos de camarões em todos os locais de coleta entre o município de Piranhas e a foz, localizada no município de Piaçabuçu. Nas localidades do baixo São Francisco, os valores médios das altas e baixas frequências foram de  $8432 \pm 809$  e  $3706 \pm 372$  Hz respectivamente, e frequência central de  $5569 \pm 95$  Hz (Figura 3). Além deste tipo de som, na região de Piaçabuçu e Foz foram identificados outros dois tipos de sons de camarões com banda de frequência entre 1 a 15 kHz, podendo chegar a 40 kHz e 0,5 e 10 kHz respectivamente (Figura 4). No início da gravação nessas localidades também foi possível detectar sons característico de peixes com pico de frequência de  $\sim 500$  Hz e 1700 Hz (Figura 5 e 6).

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  $\sim 1$  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). Esse tipo de comportamento parece ocorrer também em camarões de água doce no rio Baixo rio São Francisco. Mergulhos livres feitos em áreas de pedras na região de Pão de Açúcar foram observadas as espécies de camarão-pitu (*Macrobrachium carcinus*) e sapateria (*Macrobrachium Olfersii*). Resultados preliminares mostram a produção de sons do camarão-canela (*Macrobrachium acanthurus*) durante atividade alimentar em condições controladas, com características acústicas similares as encontradas no ambiente natural (Borie et al., *in prep.*)

O camarão canela, 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), *M. acanthurus* 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. Seleções de 2, 1 segundos das horas de maior energia acústica dos sons característicos de camarão detectados entre Piranhas e Piaçabuçu mostram um perfil espectral similar, sendo o som produzido muito provavelmente pela mesma espécie, como maior energia acústica na região de Porto Real do Colégio. Em Piaçabuçu foi observado uma sobreposição de som, sendo também identificados estalos de camarões (Figura 7).

Nesse sentido, a paisagem acústica em diversos ecossistemas acústicos torna-se mais complexa no período noturno (Ruppé et al., 2015, Van Oosterom et al., 2016, Rice et al., 2017). A produção de sons dos camarões ocorre principalmente à noite também revela picos crepusculares (Schmitz, 2002). Na região do baixo São Francisco, os sons foram emitidos principalmente durante o início da noite (18:00 h) e início do amanhecer (05:30 h), e duração média (tempo total) de 10 horas e 40 minutos, exceto na localidade de Piaçabuçu, sendo detectado apenas no início da manhã. Em Traipu os sons não foram contínuos durante a noite, ocorrendo apenas no início da tarde e manhã (Tabela 1). Camarões apresentam hábitos crípticos, com intensa atividade ao entardecer e início da noite, permanecendo durante o dia em abrigos formados por pedras, buracos ou entre as vegetações submersas (Mossolin e Bueno, 2003). Pescadores indicam que o horário de maiores capturas do camarão pitu (*Machrobraquium carcinus*) e camarão canela (*Macrobrachium acanthurus*) ocorre durante o início e final da noite.

Piaçabuçu, localizada a 10 km da foz, apresentou uma paisagem acústica composta por sons biológicos característicos de ecossistemas estuarinos, similares aos encontrados no estuário do rio Maracaipe, PE (Borie et al., *in prep.*). Isto provavelmente ocorre devido a introdução da cunha salina marina, já que ao longo dos anos, houve uma redução relevante da

vazão do rio e que vem mudando o ambiente e a biodiversidade aquática da região. Durante o final de tarde na foz foi possível detectar uma cacofonia similar a encontrada em Piaçabuçu, apresentando maior densidade sonora e energia acústica.

Foi possível avaliar a ocorrência de sons provavelmente produzidos por peixes, pelas características acústicas. Na região de Piranhas, foi possível identificar um tipo de som similar aos sons (chamados) relacionados com comportamentos reprodutivos encontrados em peixes do gênero *Prochilodus* de importância comercial (Borie et al. 2019, Smith et al., 2018, Godinho et al., 2017), com banda de frequência entre 200 e 500 Hz e vários pulsos com variação de energia, sendo o primeiro emitido com baixa energia antes do chamado principal (Figura 8). Segundo Barbosa e Soares 2009, na Bacia do São Francisco existem cinco espécies do gênero *Prochilodus*, sendo duas introduzidas (*P. brevis* e *P. lineatus*), duas endêmicas (*P. argenteus* e *P. costatus*) e uma nativa (*P. vimboides*), destas, *P. argenteus* é considerada de grande valor, por constituir como item alimentar e fonte de renda de comunidades de pescadores do Baixo São Francisco, ainda sendo possível ser encontrado nas feiras principalmente na região de Piranhas e Pão de Açúcar (*obs. pessoal*).

Ambientes estuarinos apresentaram níveis de pressão sonora significativamente mais altos na faixa de frequência de 2-23 kHz. Diferenças espectrais entre habitats. Pesquisas de propagação sonora passivas descobriram que as características acústicas distintas na faixa de frequência de 2-23 kHz, com níveis de fonte efetivos de 108,8 a 120,0 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m. Estudos de caracterização da paisagem sonora sugere que a heterogeneidade espacial no som ambiente pode servir como um indicador confiável do tipo de habitat e potencialmente transmitir informações sobre a qualidade do habitat a organismos dispersantes (Lillis et al., 2014).

Foram detectados com maiores ocorrências sons antropogênicos de embarcações na região de Penedo, principalmente da balsa (Figura 3) que faz a travessia Penedo AL/Neópolis SE, caracterizado por picos de alta frequência e intervalos de tempos similares. Também foram detectados sons de pequenas embarcações pesqueiras do tipo canoa motorizada e de turismo que utilizam motor de popa, no caso de Piranhas, com frequências entre 0,2 e 15 kHz (Figura 9), esses sons ocorreram principalmente no início da manhã, sobrepondo os sons emitidos pelos crustáceos. Essa sobreposição das embarcações pesqueiras durante os horários de maior energia acústica. Assim, pode ocorrer um declínio significativo na biodiversidade e biofonia com o aumento dos níveis de som ambiente dos ecossistemas de água doce, juntamente com uma aparente alta exposição temporal ao ruído antropogênico em todos os habitats (Rountree et al., 2019).

Assim como foi possível encontrar uma diversa cacofonia de sons biológicos e antrópicos no Baixo rio São Francisco, isto parece ser um componente importante em sistemas de água doce em diversas regiões, habitats de água doce em regiões temperadas contém uma grande variedade de espécies biológicas não identificadas. Sons de peixes constituem um importante elemento não reconhecido anteriormente como componente da paisagem sonora de água doce, ocorrendo em mais locais (39%). Ruídos antropogênicos dominam a paisagem sonora representando 92% da paisagem sonora em porcentagem relativa de tempo. O alto potencial impactos negativos destes ruídos nas paisagens sonoras de água doce é sugerido por a sobreposição espectral e temporal com a biofonia, quanto maiores níveis de ruídos em relação à biofonia com observações de um declínio significativo na ocorrência, número, porcentagem de tempo e diversidade da biofonia entre locais com níveis ambientais mais altos (Rountree et al., 2019).

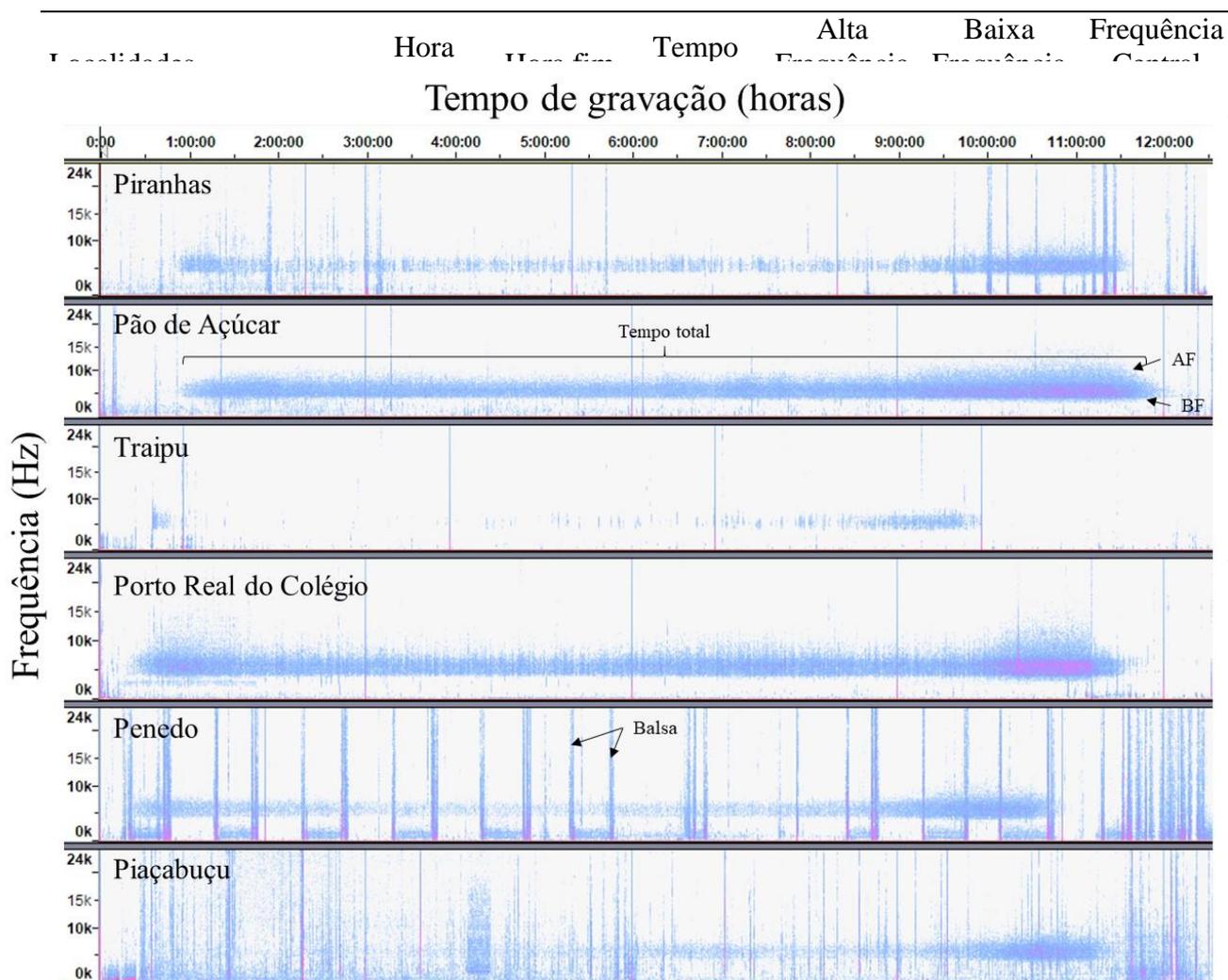
Inclusive, estudos em riachos indicam uma paisagem sonora única, com a maioria exibindo variação diurna nos padrões acústicos. Nesses locais, foram identificados cinco grupos distintos com características acústicas semelhantes. A maior diferença nas paisagens sonoras do fluxo foi observada durante o dia, com variação significativa nas paisagens sonoras, tanto entre as horas como entre os locais (Decker et al., 2020).

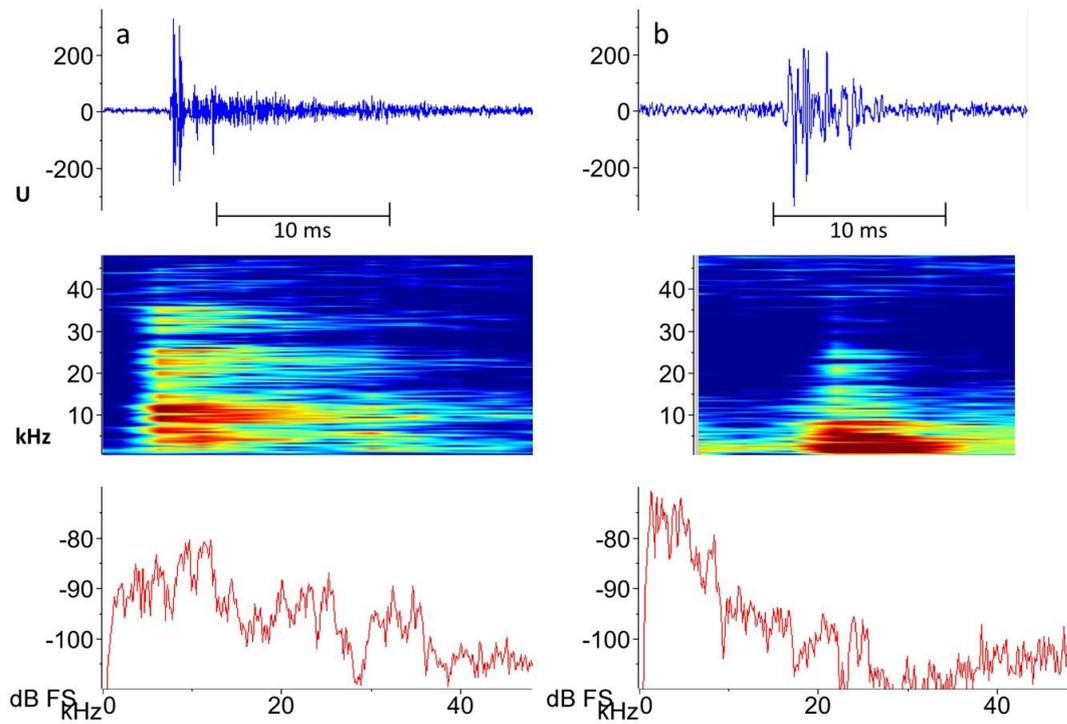
As paisagens sonoras estuarinas são acusticamente ricas e os padrões sonoros desses sistemas são pouco estudados. Os dados acústicos revelaram que os níveis de pressão sonora (banda larga, baixa e alta frequência) variavam espacial e temporalmente, exibindo padrões rítmicos distintos. As taxas de detecção acústica e a diversidade de sons biofônicos (por exemplo, camarão, peixe e golfinho) e sons antropônicos (por exemplo, barulho de barco) foram maiores perto da foz do rio e diminuíram em direção às cabeceiras. A paisagem sonora exibia fortes padrões temporais de estalos de camarão (gênero *Alpheus* e *Synalpheus*), cantos e cantos de peixes, vocalizações de golfinhos e ruído de embarcação. Dependendo da espécie, determinadas variáveis (ou seja, localização, mês, duração do dia, fase lunar, dia / noite, maré e anomalia de temperatura) influenciaram a produção sonora. (Monczak et al., 2019).

A análise da energia acústica revelou um forte ritmo circadiano em uma lagoa costeira do sul do Brasil e uma diferenciação espacial impulsionada pela baixa frequência (< 100 Hz). O componente biofônico da paisagem sonora foi dominada por peixes e crustáceos com maior atividade na foz da lagoa durante novembro. Esta área também foi o mais afetado pelo ruído humano (Ceraulo et al., 2020).

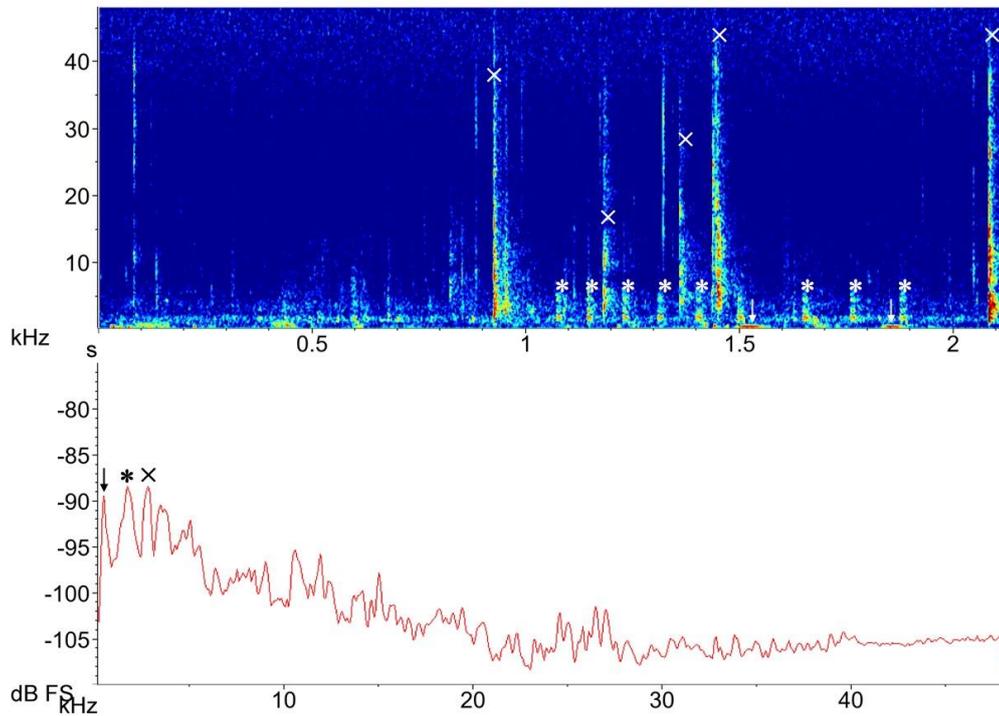
**Figura 3.** Espectrogramas da paisagem acústica em localidades do baixo rio São Francisco (de piranhas a foz). AF, Alta Frequência (Hz); BF, Baixa Frequência (Hz).

Tabela 1. Horário de detecção (hh:mm) e frequências (Hz) dos sons de estalos característicos de invertebrados bentônicos nas diferentes localidades, exceto Traipu e Foz.

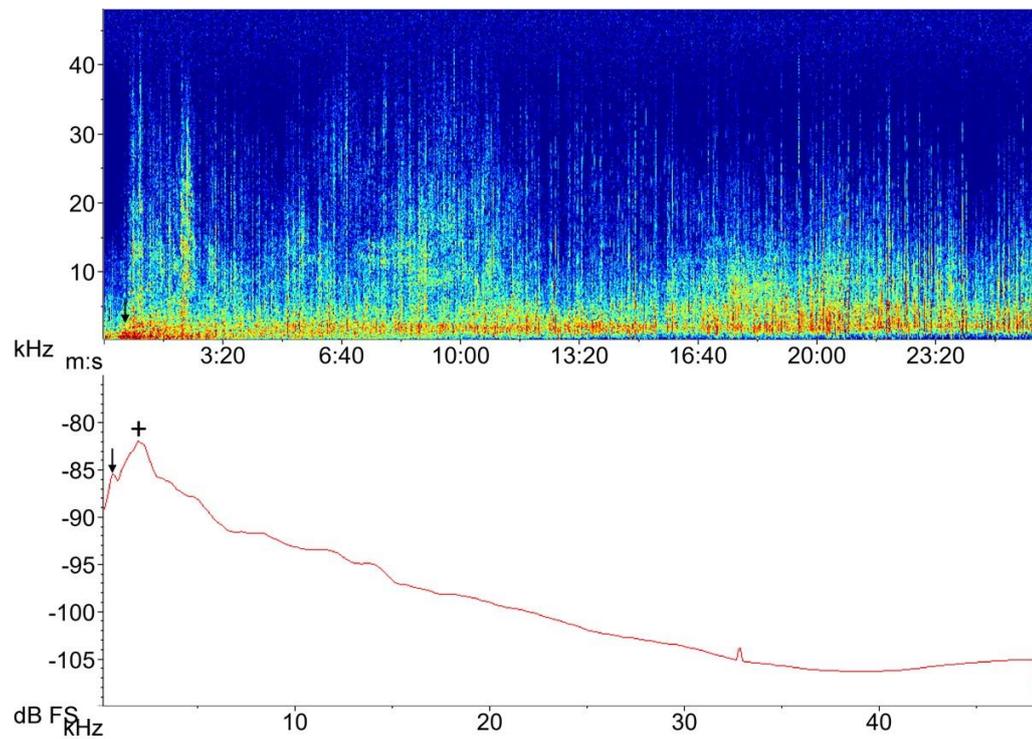




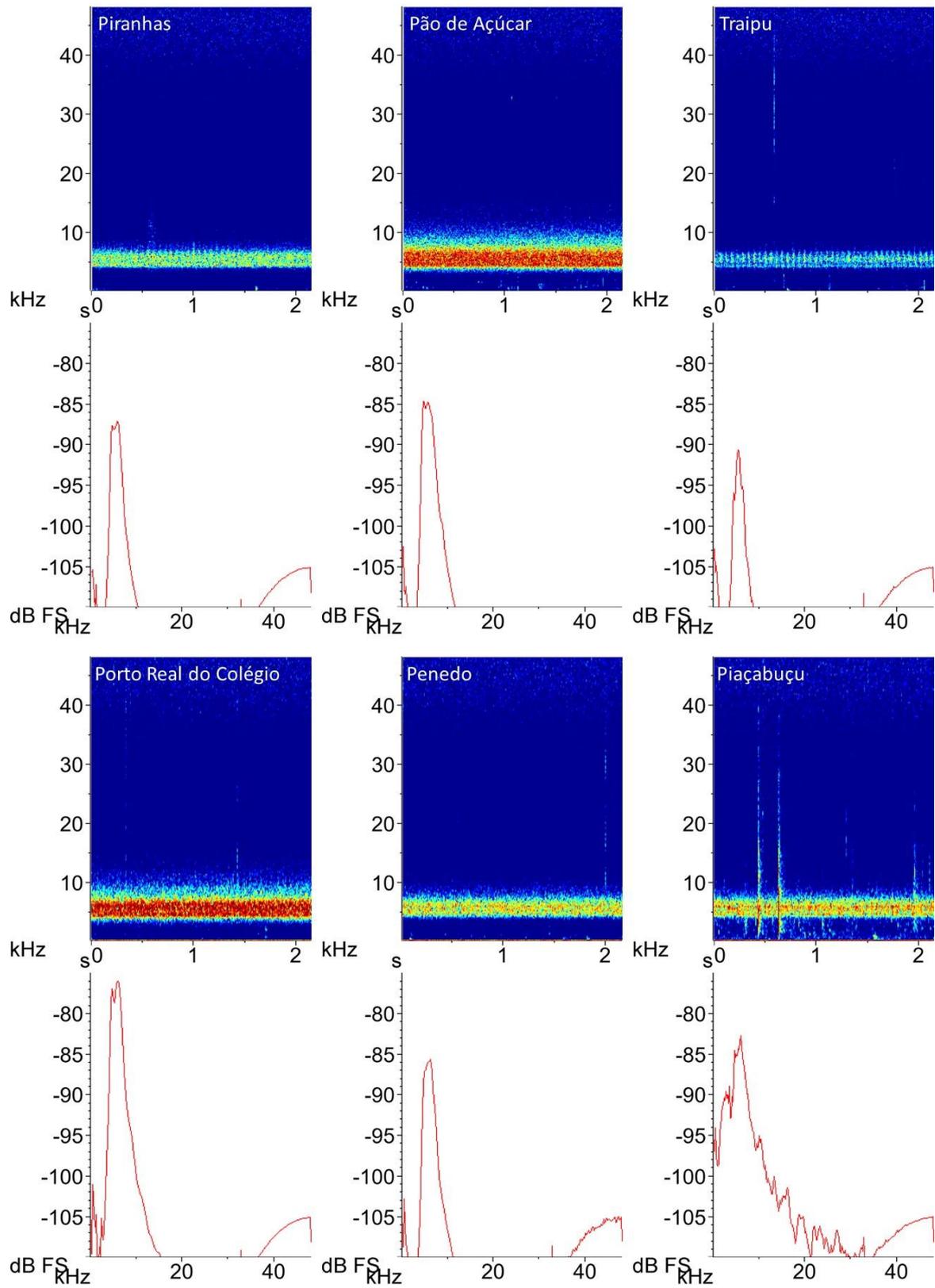
**Figura 4.** Oscilograma, espectrograma e espectro de potência respectivamente de dois tipos de sons de camarão detectados na região de a. Piaçabuçu e b. Foz do rio São Francisco.



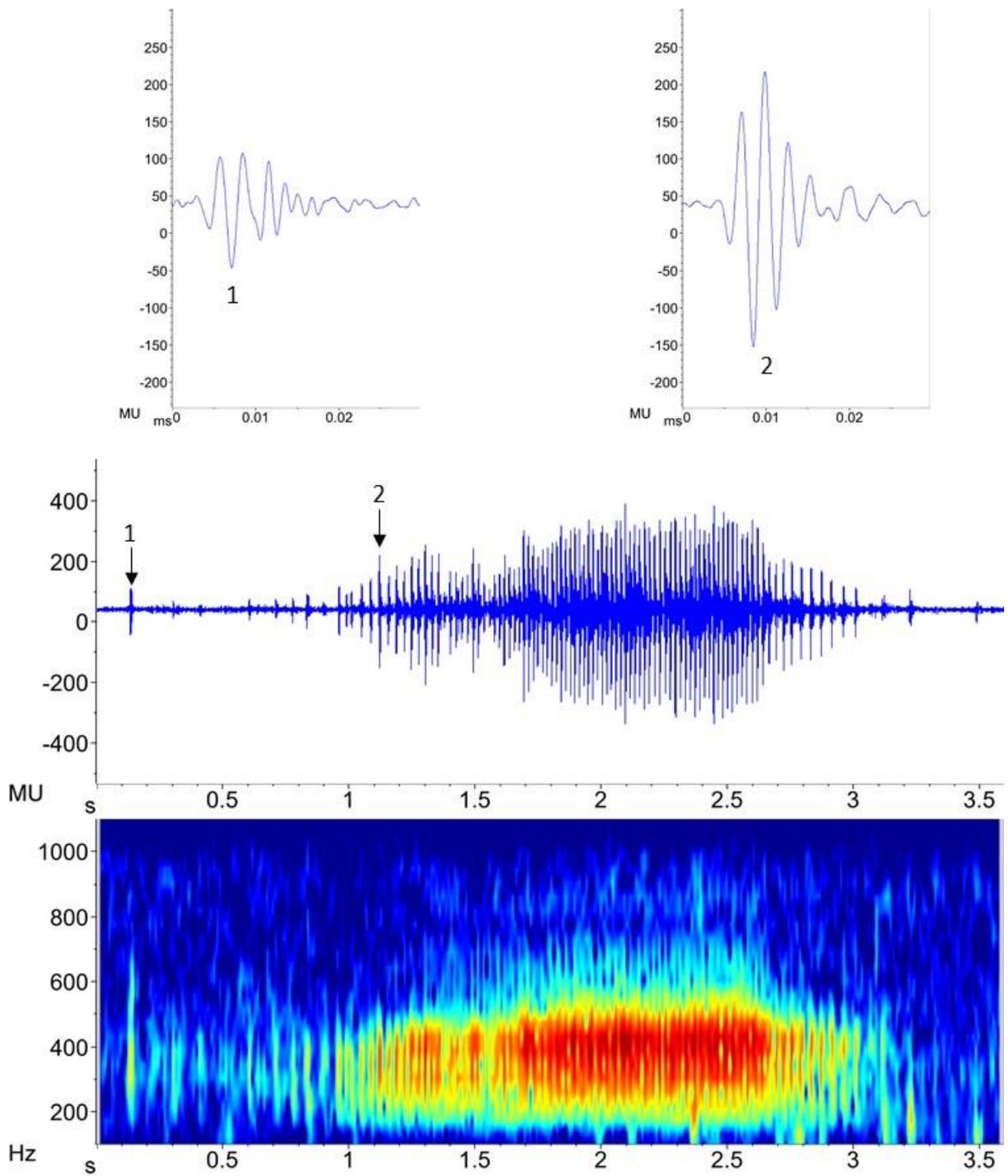
**Figura 5.** Espectrograma e espectro de potência da região de Piaçabuçu (x) cliques de camarão, e sons característico de peixes (\* e seta)



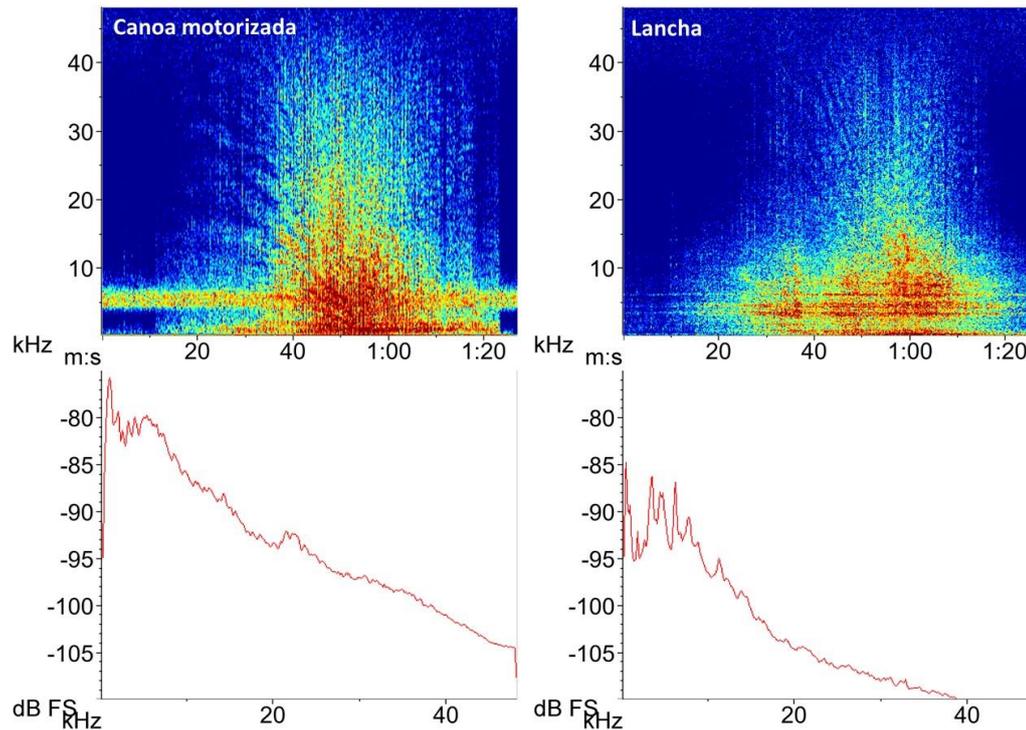
**Figura 6.** Espectrograma e espectro de potência da região da Foz, a seta indica a ocorrência de sons emitidos por peixes e (+) estalos de camarões.



**Figura 7.** Espectrogramas e espectros de potência de 2,1 segundos de sons característicos de camarões nas diferentes localidades.



**Figura 8.** Pulsos acústicos, oscilograma e espectrograma respectivamente de um tipo de som característico de peixes.



**Figura 9.** Espectrograma e espectro de potência de embarcações detectadas na região de Piranhas

## CONCLUSÃO

A paisagem acústica no baixo São Francisco foi composta principalmente por sons característicos de crustáceos bentônicos de pelos menos três espécies diferentes, além de sons esporádicos de peixes e ruídos antropônicos de diferentes embarcações, emitidos por diferentes tipos de embarcações. Na área de Piaçabuçu a cacofonia teve similaridade com ambientes estuarinos, sendo detectada uma maior complexidade sonora, e uma paisagem acústica contendo diversas fontes biológicas. Apesar do pouco conhecimento que se tem sobre componentes biológicos de paisagens acústicas de água doce em regiões tropicais, esforços sistemáticos para identificar e catalogar sons de peixes e invertebrados são criticamente necessários para promover o Monitoramento Acústico Passivo (MAP), para suas aplicações de conservação, manejo de ecossistemas e pesca.

## PERSPECTIVAS E SUGESTÕES

O método acústico passivo se mostrou bastante eficiente para avaliar a paisagem acústica na região do baixo São Francisco, podendo ser utilizado como uma ferramenta complementar para o monitoramento de atividades biológicas e antrópicas, e também para avaliar sobre o tipo

e qualidade do ambiente. Ainda assim, para entender melhor a dinâmica da paisagem acústica no baixo São Francisco ainda precisam ser realizados diversos esforços, tanto a jusante como a montante da hidroelétrica de Xingó, juntamente na região da foz e áreas costeiras adjacentes, como outras regiões do médio, submédio e alto São Francisco, para então detectar e identificar as fontes sonoras de organismos aquáticos a nível de espécies e avaliar seus comportamentos relacionados com a atividade acústica.

## REFERÊNCIAS

- Barbosa, J. M., & Soares, E. C. (2009). Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 4(1), 155-172.
- Bertucci, F.; Parmentier, E.; Berten, L.; Brooker, R. M.; Lecchini, D. Temporal and spatial comparisons of underwater sound signatures of different reef habitats in Moorea Island, French Polynesia. **PloS one**, v.10, p.e0135733, 2015.
- Boon, P.; Yeo, D.; Todd, P. Sound production and reception in mangrove crabs *Perisesarma* spp. (Brachyura: Sesarmidae). **Aquatic Biology**, v.5, p.107-116, 2009.
- Borie, A., Hungria, D. B., Ali, H., Doria, C. R., Fine, M. L., & Travassos, P. E. (2019). Disturbance calls of five migratory Characiformes species and advertisement choruses in Amazon spawning sites. **Journal of Fish Biology**, 95(3), 820-832.
- Ceraulo, M., Sal Moyano, M. P., Bazterrica, M. C., Hidalgo, F. J., Papale, E., Grammauta, R., & Buscaino, G. (2020). Spatial and temporal variability of the soundscape in a Southwestern Atlantic coastal lagoon. **Hydrobiologia**, 1-23.
- Coelho, P.A. & Lima, I.A. 2003 Cultivo do camarão-pitu, *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae), em viveiros comerciais. Boletim Técnico-Científico do CEPENE, 11(1): 233-244.
- Coquereau, L.; Grall, J.; Chauvaud, L.; Gervaise, C.; Clavier, J.; Jolivet, A.; Di Iorio, L. Sound production and associated behaviours of benthic invertebrates from a coastal habitat in the north-east Atlantic. **Marine Biology**, v.163, p.1-13, 2016.
- Decker, E., Parker, B., Linke, S., Capon, S., & Sheldon, F. (2020). Singing streams: Describing freshwater soundscapes with the help of acoustic indices. **Ecology and Evolution**.

Giles, J.C., Davis, J.A., McCauley, R. and Kuchling, G. (2005) The ambient sound field in three freshwater environments. In: Annual Conference of the Australian Acoustical Society 2005: Acoustics in a Changing Environment, Acoustics 2005, 9 - 11 November, **Busselton**, Western Australia pp. 315-321.

Godinho, A. L., Silva, C. C. F., & Kynard, B. (2017). Spawning calls by zulega, *Prochilodus argenteus*, a Brazilian riverine fish. **Environmental biology of fishes**, 100(5), 519-533.

Gomes, M. V. T., & Brito, M. F. G. D. (2017). A percepção dos pescadores e a educação ambiental como subsídios para a conservação do Baixo São Francisco. **Ecologias Humanas: revista da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana**.

Lammers, M. O.; Munger, L. M. From Shrimp to Whales: **Biological Applications of Passive Acoustic Monitoring on a Remote Pacific Coral Reef**. In: AU, W.; LAMMERS, M. Listening in the Ocean. Modern Acoustics and Signal Processing. New York: NY. Springer, 2016, p.61-81.

Lillis, A., Eggleston, D. B., & Bohnenstiehl, D. R. (2014). Estuarine soundscapes: distinct acoustic characteristics of oyster reefs compared to soft-bottom habitats. **Marine Ecology Progress Series**, 505, 1-17.

Lillis, A., Perelman, J. N., Panyi, A., & Aran Mooney, T. (2017). Sound production patterns of big-clawed snapping shrimp (*Alpheus* spp.) are influenced by time-of-day and social context. **The Journal of the Acoustical Society of America**, 142(5), 3311-3320.4

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.

Martins, D. D. M., Chagas, R. M., Melo Neto, J. D. O., & Mélo Júnior, A. V. (2011). Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(10), 1054-1061.

Monczak, A., Mueller, C., Miller, M. E., Ji, Y., Borgianini, S. A., & Montie, E. W. (2019). Sound patterns of snapping shrimp, fish, and dolphins in an estuarine soundscape of the southeastern USA. **Marine Ecology Progress Series**, 609, 49-68.

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 carinus*) em um trecho do Baixo São Francisco, Alagoas-Brasil. **Interciencia**, 26(11), 535-540.

Mossolin, E. C.; Bueno, S. L. Relative Growth of the second pereopod in *Macrobrachium olfersi* (Wiegmann, 1836), (Decapoda, Palaemonidae). **Crustaceana**, v. 76, p. 363-376, 2003.

New, M.B. 1995 Status of freshwater farming a review. **Aquaculture Research**, 26(1): 1-54.

Radford, C.; Jeffs, A.; Tindle, C.; Montgomery, J. C. Resonating sea urchin skeletons create coastal choruses. **Marine Ecology Progress Series**, v.362, p.37-43, 2008.

Radford, C.; Stanley, J.; Tindle, C.; Montgomery, J.; Jeffs, A. Localised coastal habitats have distinct underwater sound signatures. **Marine Ecology Progress Series**, v.401, p.21-29, 2010.

Rice, A. N., Soldevilla, M. S., & Quinlan, J. A. (2017). Nocturnal patterns in fish chorusing off the coasts of Georgia and eastern Florida. **Bulletin of Marine Science**, 93(2), 455-474.

Rountree, R. A.; Gilmore, R. G.; Goudey, C. A.; Hawkins, A. D.; Luczkovich, J. J.; Mann, D. A. Listening to fish: applications of passive acoustics to fisheries science. **Fisheries**, v.31, p.433-446, 2006.

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. Freshwater soundscapes: a cacophony of undescribed biological sounds now threatened by anthropogenic noise. **bioRxiv**, 2019, 740183.

Ruppé, L., Clément, G., Herrel, A., Ballesta, L., Décamps, T., Kéver, L., & Parmentier, E. (2015). Environmental constraints drive the partitioning of the soundscape in fishes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 112(19), 6092-6097.

Schmitz, B. (2002). **Sound production in Crustacea with special reference to the Alpheidae**. In *The crustacean nervous system* (pp. 536-547). Springer, Berlin, Heidelberg.

Smith, M. E., Weller, K. K., Kynard, B., Sato, Y., & Godinho, A. L. (2018). Mating calls of three Prochilodontidae fish species from Brazil. **Environmental biology of fishes**, 101(2), 327-339.

Soares, E. C., Silva, C. A., Cruz, M. A. S., Santos, E. L., Oliveira, T. R., de Jesus Silva, T., ... & Silva, J. V. (2020). Expedition on the Lower São Francisco: An X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion/Expedição no Baixo São Francisco: um raio-X da pesca e agricultura, poluição, assoreamento e intrusão salina. **Brazilian Journal of Development**, 6(1), 3047-3064.

Souza, M. R. M., & Leitão, S. N. (2000) Consequências socioeconômicas dos impactos antrópicos no estuário do rio São Francisco em Brejo Grande, Sergipe-Brasil. *Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE, Recife*, 28 (1): 97- 116.

Staaterman, E.; Rice, A.; Mann, D.; Paris, C. Soundscapes from a Tropical Eastern Pacific reef and a Caribbean Sea reef. **Coral Reefs**, v.32, p.553-557, 2013.

Van Oosterom, L., Montgomery, J. C., Jeffs, A. G., & Radford, C. A. (2016). Evidence for contact calls in fish: conspecific vocalisations and ambient soundscape influence group cohesion in a nocturnal species. **Scientific reports**, 6, 19098.

Wall, C.; Simard, P.; Lindemuth, M.; Lembke, C.; Naar, D.; Hu, C.; Mann, D. Temporal and spatial mapping of red grouper *Epinephelus morio* sound production. **Journal of fish biology**, v.85, p.1470-1488, 2014.

Zellhuber, A., & Siqueira, R. (2016). Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. **Cadernos do CEAS: Revista crítica de humanidades**, (227), 3-24.



## A Pesca no Baixo São Francisco

Vanildo Souza de Oliveira<sup>1</sup>; Ticiano Rodrigo de Almeida Oliveira<sup>2</sup>; Igor da Mata-Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Laboratório de Pesca Sustentável (LAPESU), Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).*

<sup>2</sup> *Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Sergipe (UFS).*

<sup>3</sup> *Laboratório de Investigação e Manejo da Pesca (IMAP), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Unidade Penedo.*

### INTRODUÇÃO

A região do Baixo São Francisco (BSF) representa apenas cerca de 7% da extensão total do rio, que corresponde aos 214 km finais. Se estende desde a UHE de Xingó até a foz, entre os estados de Sergipe e Alagoas. Observa-se, portanto, considerável variação nas condições físicas do rio, o que se reflete na tradicional e diversificada atividade pesqueira local, naturalmente adaptada às condições ambientais e espécies capturadas em cada trecho. Os territórios da pesca artesanal representados em vários ambientes demonstram essa verdadeira diversidade ecológica.

A ocupação territorial no Baixo São Francisco tem uma estreita ligação com a atividade da pesca artesanal. Isso pode ser evidenciado em vários estudos que mencionam essa atividade como tendo sido inicialmente praticada por índios e, depois, por colonizadores e negros quilombolas (MOTT, 1975; RIEPER, 2001; CARVALHO, 2003 *apud* Silva, 2014). Atualmente são mais de 20 municípios ribeirinhos, totalizando cerca de 450.000 habitantes (Nascimento, 2013). Rezende & Oliveira (2015) estimaram entre 16.500 e 19.000 pescadores no BSF, representando cerca de 4% da população total. No entanto, a pesca artesanal nas suas águas, considerada fonte de alimento e sustento para as populações locais, tem sofrido intenso declínio nas últimas décadas. Várias e múltiplas são as pressões econômicas, ecológicas e culturais a que esta atividade está submetida, o que tem afetado enormemente a sua

manutenção (ANA, 2007). O Baixo São Francisco vem sofrendo com a interrupção das variações naturais do nível d'água e do comportamento migratório dos peixes, promovidas por hidroelétricas que criaram barreiras e alteraram o sistema hídrico do rio, influenciando na “piracema” (SATO; GODINHO, 2003). Apesar da ausência de estatística pesqueira consistente, a pesca no rio São Francisco mostra sinais evidentes de queda (GODINHO; GODINHO, 2003). Se antes a Bacia do São Francisco era uma importante fonte de pescado para o Nordeste e outras regiões do Brasil, hoje amarga um grave processo de extinção de parte significativa de sua ictiofauna, como o surubim e o pirá.

A pesca está em franca decadência por várias razões: os barramentos, a poluição oriunda dos esgotos domésticos e de atividades agrícolas, a incompatibilidade entre a operação das barragens e as necessidades ecológicas. A pesca na região sofre, ainda, com a incipiência e dispersão de informações (CBHSF, 2004). Além disso, a falta de gestão contribui com um contínuo e acelerado processo de degradação ambiental. Ações antrópicas de cunho não sustentável prejudicam e alteram de forma negativa os territórios de trabalho dos pescadores artesanais (LIMA, 2020)

Nesse sentido, as Expedições Científicas na região tiveram o objetivo de analisar a situação sobre a realidade atual da tradicional atividade pesqueira na região.

## **METODOLOGIA**

As Expedições Científicas do Baixo São Francisco ocorreram entre 15 e 20 de outubro de 2018 e entre 18 e 27 de novembro de 2019. No que diz respeito à pesca, foram coletadas diversas informações ambientais, técnicas, ecológicas e econômicas.

A embarcação da Expedição fez o percurso inicial, da cidade de Penedo até a cidade de Piranhas, retornando para a foz do rio realizando coletas nas seguintes cidades de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Propriá, povoado de Chinaré em Igreja Nova, Penedo, Piaçabuçu e na foz.

Impactos ambientais, tanto naturais quanto antrópicos sobre rio foram feitos a partir de observações e registros fotográficos durante as viagens de deslocamento entre municípios. Em seguida, as fontes de alterações no rio foram analisadas, relacionando com os seus possíveis impactos sobre a pesca.

Nas paradas em cada município, foram feitas entrevistas nas colônias de pescadores, feiras e pontos de desembarque, nas quais foram coletadas informações sobre as principais

características da pesca, como o número de pescadores, principais artes de pesca, embarcações e recursos capturados, custos operacionais e preços de comercialização de pescado.

As informações sobre a situação da atividade pesqueira foram obtidas através de entrevistas com os presidentes de Colônias dos pescadores em cada cidade. Os principais temas abordados foram: espécies mais capturadas, espécies menos capturadas, espécies que não são mais capturadas, período de pesca, materiais de pesca, tipos de embarcações, custos das embarcações e custos dos materiais de pesca.

Na segunda Expedição Científica do São Francisco foi também realizada uma prospecção pesqueira em cada local de parada, procedendo-se com amostragens da ictiofauna capturada com redes de emalhar, para análise das espécies capturadas e suas abundâncias, através de coletas dos exemplares.

As redes foram colocadas em três sistemas, de acordo com o tempo de permanência em cada cidade: de 14 às 18h, de 18 às 5h da manhã e na Foz, em função da força da corrente, a rede foi colocada e despescada em seguida.

Foram utilizados 4 tipos de redes de emalhar de fundo, com as seguintes características:

1. malhas de 50mm nó a nó, com fio de nylon de 0,25 mm de diâmetro;
2. malha de 45 mm nó a nó com fio de nylon de 0,25 mm de diâmetro;
3. malha de 40 mm nó a nó com fio de nylon de 0,30 mm de diâmetro
4. malha de 25 mm nó a nó com fio de nylon de 0,30 mm de diâmetro.

Para o cálculo da Captura por Unidade de Esforço (CPUE)  $\text{kg/m}^2/\text{hora}$ , foi considerado o coeficiente de entalhamento horizontal de 50% e o vertical 60%. Em função da dinâmica de deslocamento entre as cidades visitadas, a duração da permanência das redes na água variou da seguinte forma: lances à tarde (2h), lances noturnos (final de tarde até a manhã seguinte com média de 15horas), e na foz do Rio, com recolhimento após o lançamento, em função das fortes correntes na área (40 minutos).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *IMPACTOS AMBIENTAIS E ANTRÓPICOS QUE AFETAM A PRODUÇÃO PESQUEIRA*

#### *Assoreamento do rio*

Durante o percurso de Penedo até Piranhas foram registrados vários impactos ambientais com evidentes prejuízos para a produção pesqueira do rio. O desmatamento das

margens foi a ação mais percebida durante o percurso (Figura 1). A redução da mata ciliar com consequente assoreamento das margens carregam matéria orgânica para o leito modificando, assim, o habitat do fundo do rio, o que é fatal para determinadas espécies endêmicas.



**Figura 1.** Assoreamento das margens do rio. Foto: Vanildo S. Oliveira

Nas áreas em que a vegetação das margens foi mantida não foram observados sinais assoreamento e sim uma aparente atividade pesqueira (Figura 2), com presença de canoas de pesca e de redes de emalhar em atuação no rio (boias de garrafas PET) (Figura 3).



**Figura 2.** Margens com florestas nas margens preservadas. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 3.** Presença de atividade pesqueira nas margens com vegetação. Foto: Vanildo S. Oliveira

#### *Macrófitas no fundo e superfície do rio*

Também foram observados grande presença de macrófitas aquáticas, tanto na superfície como espécies submersas *Egeria Densa* (Élodea) e representantes da família *Poacea*. Essa macrófita traz grandes prejuízos para a atividade pesqueira, uma vez que modifica o substrato do fundo, formando uma cobertura vegetal que impede as redes de chegarem ao fundo. Também causa transtornos para a utilização de redes de emalhar, pois essas macrófitas emalham nas redes aumentando seu peso, fazendo com o pano da rede assente sobre o fundo, comprometendo gravemente a produtividade do aparelho de pesca (Figura 4).

Além disso, a presença da macrófita baronesa *Eichhornia crassipes*, na superfície é prejudicial tanto para a navegação como para a atividade de pesca, pois ocupa a superfície e tem alto consumo de oxigênio da água, competindo assim com os organismos aquáticos (Figura 5).



**Figura 4.** Macrófitas no fundo do rio, emalhadas nas redes. Foto: Vanildo S. Oliveira.



**Figura 5.** Macrófitas flutuantes. Foto: Vanildo S. Oliveira

### *Despejo de esgotos não tratados*

Outro grande impacto na biota do rio é a marcante falta de saneamento básico nas cidades ribeirinhas, causando grandes danos ao ecossistema aquático. Esse fato gera consequências tanto para a população, quanto para ictiofauna, com a água poluída trazendo grandes prejuízos para a atividade pesqueira. Dependendo da concentração de dejetos orgânicos (Figura 6), aliado à diminuição do volume da vazão do rio, a concentração de poluentes pode alterar o desenvolvimento de vários organismos aquáticos. Também pode que resultar em contaminação direta a população, através de lavagem de roupa com águas possivelmente contaminadas ou durante atividades de lazer (Figura 7).



**Figura 6.** Despejo de esgoto diretamente no rio. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 7.** Utilização do rio para atividades de lazer. Foto: Vanildo S. Oliveira

#### *Uso da água para atividade de Irrigação*

Foram observados vários pontos de retirada de água para irrigação, destacando-se as casas de bombas de irrigação para o platô de Neópolis. Também foi registrado bombas para projetos de médio e pequeno porte (Figura 8). A agricultura irrigada traz impactos para vida aquática, principalmente quando realizada próxima da margem, como da retirada de água para o cultivo de arroz, em função da utilização de agrotóxicos, que são carrilhados para o rio causando danos a ictiofauna.



**Figura 8.** Bombas de retirada de água para a irrigação. Foto: Vanildo S. Oliveira

#### *Criação de gado nas margens do rio*

A pecuária foi uma atividade observada em vários pontos durante o trajeto até Piranhas. Indiretamente, ela resulta em efeitos de assoreamento do rio, uma vez que a mata ciliar é retirada para a plantação do pasto o que, como mencionado acima, gera impactos para a ictiofauna e atividade pesqueira, com o aumento do assoreamento (Figura 9).



**Figura 9.** Criação de gado nas margens do Rio. Foto: Vanildo S. Oliveira

### *Criação de peixes em tanques rede*

Essa atividade é recente no rio, e aparece como alternativa para a produção de pescado. No entanto, o fato da maioria dos piscicultores cultivarem espécies como a tilápia e tambaqui, traz preocupações ambientais, quanto a introdução dessas espécies no ambiente. Por outro lado, com a falta da produção de pescado natural do rio, as espécies exóticas, atualmente, representam grande parte da produção de pescado ofertada nas feiras e mercados das cidades ribeirinhas (Figuras 10 e 11).



**Figura 10.** Criação de peixes em gaiolas. Fonte: Vanildo S. Oliveira

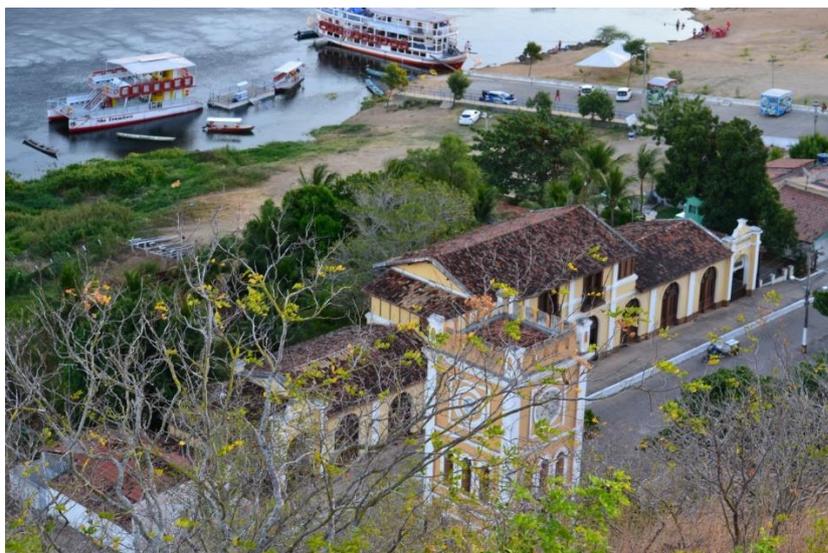


**Figura 11.** Produção de peixes em gaiolas. Fonte: Vanildo S. Oliveira

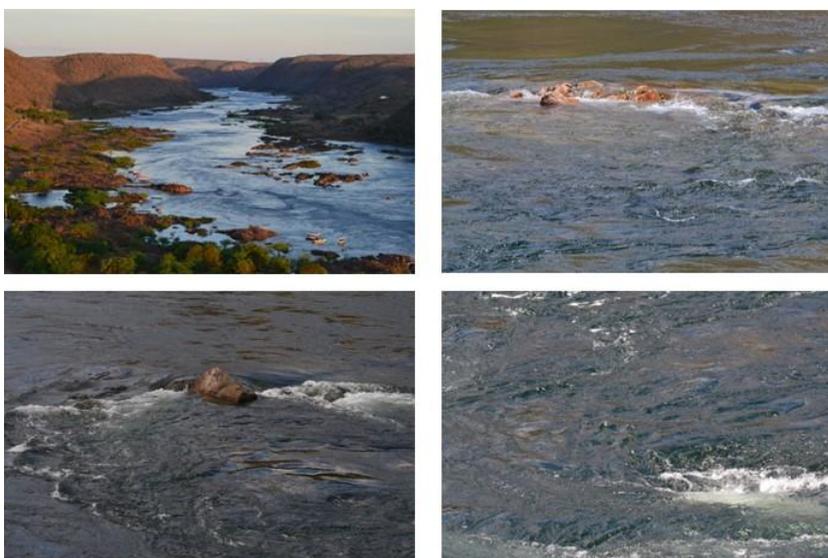
### *SITUAÇÃO DA ATIVIDADE PESQUEIRA*

## *Piranhas*

Piranhas (Figura 12) é uma cidade histórica localizada logo abaixo da Hidroelétrica de Xingó, no Alto Sertão alagoano. Nesse trecho, o rio apresenta pedras no leito do rio e correnteza mais forte (Figura 13), o que dificulta inclusive a navegação em tempos de baixa vazão do rio. Essa forte correnteza pode explicar que essa área, seja uma das mais abundantes em número de espécies, segundo os pescadores.



**Figura 12.** Cidade de Piranhas, primeira parada da Expedição. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 13.** Proximidades da cidade de Piranhas, corredeiras e pedras. Foto: Vanildo S. Oliveira

A colônia de pescadores local possui hoje 225 pescadores registrados. No entanto, o número de pescadores em atividade varia em função do volume de água liberado pela CHESF, que influencia diretamente na produção pesqueira.

As tarrafas são muito comuns em Piranhas, com malhas que variam de 8 a 12 cm, e são dirigidas principalmente para a pesca de piau bambá e carí. As redes de emalhar caracterizam-se pela predominância das malhas de comprimento 12 e 14 cm, e por suas espécies alvos, bambá e piau. Linha de mão e vara e anzol, que antigamente eram dirigidas para a captura de dourados, tubaranas, atualmente possuem tucunarés e piaus como alvo. Os covos locais são fabricados em telas de polietileno, taliscas de madeira ou de cano de PVC e de garrafas PET. Jererés (fabricados em linhas de algodão) são dirigidos para a pesca do camarão pitu.

As redes custam em torno de R\$ 120,00 por peça, já confeccionadas. Os covos para captura de camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) custam cerca de R\$ 60,00 cada.

O comprimento das embarcações dos pescadores entrevistados em Piranhas, varia entre 4 a 8,3 metros (Figura 14). Cada canoa de pesca custa em torno de R\$2.500,00 a R\$3.000,00 (Figura 16), construídas com pranchas de madeira de pequi, com média de 6m. São movidas a velas, motor de rabeta (Figura 15) ou remo. Um motor de rabeta que custa cerca de R\$ 1.000,00.



**Figura 14.** Embarcação típica da pesca do Baixo São Francisco (Foto: Priscila Rezende).



**Figura 15.** Embarcação a motor de rabeta. Foto: Vanildo S. Oliveira

O preço atual do pescado na feira da cidade varia de acordo com as espécies: curimatã (xira) R\$13,00, cari 9,00, piau e pirambeba 12,00. O camarão pitu já foi a principal atração gastronômica da cidade, no entanto, segundo relatos, depois da construção da barragem a produção caiu muito, e outros peixes como capadinho, pirá e pacamãõ não são mais encontrados.

### *Pão de Açúcar*

O município de Pão de Açúcar (Figura 16) fica 38,5 km a jusante de Piranhas.



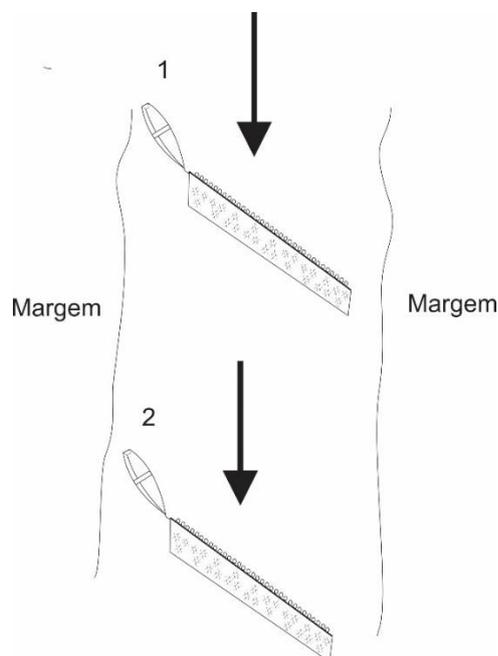
**Figura 16.** Pão de Açúcar – AL. Foto: Vanildo S. Oliveira

A Colônia de Pescadores Z-20 possui cerca de 450 pescadores associados, e entre 200 a 250 canoas de pesca. As espécies mais capturadas são: piau, piranha, curimatã bambá, pacu, piau-cutia, piau-preto, piau-branco, piranha, pirambeba, traíra, peixe-cachorro.

As redes de emalhar são os aparelhos de pesca mais utilizados, com fios 0,30, 0,35, e 0,40 mm de diâmetro, para captura de xira (malha 14 cm) e piau (malha 10 cm) nós opostos. A malha 14 cm também é chamada pelos pescadores da região de “mão de trevesa”, dado ao fato de seu comprimento se estender de um lado a outro da mão do pescador – essa denominação é comum na região.

Quando a rede de emalhar é lançada sendo levada, a deriva, pela correnteza a pesca é denominada de “caceia” (Figura 17), quando é fixa na margem, denomina-se “travessia”, são

colocadas em lugares protegido das fortes correntes do centro do rio, esta área é denominada de “Remanso” (Figura 18).



**Figura 17.** Pesca denominada “Caceia”, a canoa deriva com a rede.

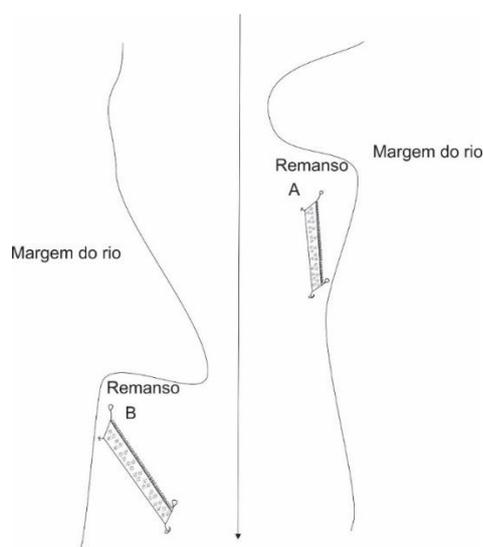


Figura 18: Pesca denominada “Travessia”, a rede fica fixa.

Além da rede de emalhar, também utilizam tarrafa e groseira (espinhel), para captura de traíra, mandi amarelo, robalo e piranha. Peixes como xira, piauí, tucunaré e cari, também são capturados com tarrafas de malhas 10 e 12 cm de comprimento, nó a nó oposto. Foi verificado entre os pescadores entrevistados que a groseira é, também, muito popular. Sua utilização se dá, principalmente, na modalidade groseira do chão, tendo como alvo a captura de piaús.

A pesca de linha de mão caracteriza-se pelo uso de linhas que variam de 0,40 a 1,00 mm de diâmetro. Destinada, principalmente, a captura de piau, tubarana, robalo e mandi, podem ser aplicados diferentes métodos como o corrico (pesca com o barco em movimento) ou de arremesso (pescador sentado em embarcação presa ao porto, à margem ou emerso em águas rasas).

Vara e anzol é destinada à captura de piranha, pacu, xira e tubarana. A minhoca é a isca mais usada, seguido pelo caramujo e de peixes pequenos.

Os covos utilizados no município são fabricados, principalmente, com varas de marmeleiro e equipados com iscas de coco e pedaços de peixe, aparelhando assim, a pesca do camarão pitu.

As embarcações utilizadas pelos pescadores apresentam de 7 a 8,8 m. São principalmente movidas a motor, e algumas a remo. Em Pão de Açúcar foi observada maior presença de motores de centro (Figura 19).



**Figura 19.** Foto de barco a motor de centro. Foto: Igor da Mata.

A comercialização do pescado é direta ao público. Demonstrando que a produtividade do rio já foi maior no passado, existem relatos que há 17 anos capturavam 200 kg de pilombeta por lance e surubim com até 17 kg, hoje não tem mais.

### *Traipú*

Cerca de 53km abaixo de Pão de Açúcar, localiza-se o município de Traipu (Figura 20). O significado do nome Traipu tem duas versões: segundo uns, quer dizer “muito peixe”, segundo outros, “olho d’água do monte”.



**Figura 20.** Traipu – AL. Foto: Vanildo S. Oliveira

Segundo os registros da Colônia de Pescadores Z-18, existem cerca de 330 pescadores filiados em Traipu.

Os peixes mais capturados são: piau, tucunaré, piranha e pirambeba. A xira raramente aparece, assim como tubarana ou dourada. A tilápia também é capturada, principalmente na Lagoa do Cabaceiro.

A rede de emalhar é o apetrecho mais usado, com a seguinte faina de pesca: sair à noite e voltar de manhã quando pescam de “caceia”, e na “travessia” deixa de manhã e recolhe a tarde. Uma pescaria boa, segundo relatos, é em torno de 50 a 70 kg.

A tarrafa local possui malhas que variam entre 1,5 e 10 cm (nós opostos), pescam principalmente piau, mas antigamente capturavam também xira e pilombeta em grande quantidade. A linha de mão com iscas artificiais também é comum para captura de tucunaré, piranha, e antigamente, tubarana.

Os covos são encontrados na Lagoa do Cabaceiro, cuja operação, destina-se a pesca de camarão que, segundo um dos pescadores entrevistados, são exóticos, tendo se propagado na lagoa após a fuga de um criatório (Figura 21).



**Figura 21.** Camarões da Lagoa do Cabaceiro. Foto: Ricardo Anderson Pereira.

A compra de equipamentos de pesca é realizada diretamente pelos pescadores, custando uma rede de emalhar em torno de R\$ 350,00. Em Traipu, os pescadores utilizam embarcações de madeira cujo comprimento varia entre 6 e 8 m, movidas principalmente a motor ou remo. Os pescadores locais relataram também, que dentre os problemas do rio estão as macrófitas (lôdo) no fundo, que representam um grande entrave para a atividade pesqueira. Atualmente o cultivo de tilápia, em tanques rede, produz cerca de 500 a 600 kg por mês, sendo R\$10,00 reais o quilo. Essa produção supre a demanda por pescado nas feiras.

Há 15 anos foram capturados camurupim com 15 kg, xira de 5 a 7 kg e capturavam entre 6 a 8 kg de pitu (camarão canela) com cinco dúzias de covo e atualmente não se captura mais com essa abundância. Para eles os problemas que causam a baixa produção pesqueira são o assoreamento e a construção da barragem, resultando na diminuição do volume da vazão. Outras duas práticas também foram citadas como causadoras a danos ao meio ambiente: a pesca com arpão e a pesca com veneno.

#### *Porto Real do Colégio*

Porto Real Colégio (Figura 22) possui duas entidades representativas dos pescadores. A Colônia de Pescadores Z 35 chegou a possuir, em 2017, 2.100 associados. Devido a conflitos e disputas na Colônia, foi formada a Associação de Pescadores de Porto Real do Colégio, fundada em 1995, que conta hoje com cerca de 500 associados com forte atuação à garantia do seguro-defeso para seus associados.



**Figura 22.** Porto Real do Colégio - AL. Foto: Vanildo S. Oliveira

As principais artes de pesca usadas pelos pescadores de Porto Real do Colégio são: redes de emalhar, voltadas para a captura de xira e piaus, jereré, que pode ser confeccionado com pano de mosqueteiro, para saburica, carazinho e piau, tarrafa, para piaus e xira (malhas de 2 e 3 cm), vara e anzol, linha de mão, covos e rede de calão. Entre as principais espécies alvo relatadas pelos pescadores, destacam-se piaus, xira, tucunaré, pilombeta, traíra e o camarão pitu, embora a maioria seja cada vez menos presente nas capturas.

A atividade pesqueira tem sido alternada entre peixes e à captura do siri, que representou grande volume de capturas nos últimos anos, motivada principalmente pela queda dos estoques pesqueiros, e conseqüentemente, das capturas, de curimatã-pacú (*Prochilodus argenteus*), uma das espécies outrora, mais abundantes no Baixo São Francisco e pilombeta (Engraulidae) com último registro de captura ocorrido em 2012 na área do município.

Os entrevistados relataram uso de bombas e bolinhos de arroz embebidos em formol (métodos proibidos em legislação ambiental), o que possivelmente aliado a outros fatores, vem contribuindo com o declínio da atividade comprovada pelo desaparecimento de espécies como mandi (*Rhandia sp.* e *Pimelodella sp.*), caboge (*Oxidoras niger*), cascudo (*Hipostomus sp.* e *Pimelodus spp.*), pilombeta (Engraulidae) e curimatã-pacú ou xira (*P. argenteus*) e com avanço da salinidade continente adentro, aumento das capturas do xaréu (*Caranx latus*), peixe predominantemente marinho/estuarino.

As embarcações dos pescadores do município de Porto Real do Colégio possuem comprimento entre 4 a 7 metros, movidos exclusivamente a remo ou propulsionadas por motor de rabeta.

### **Propriá**

Propriá (Figura 23) é um importante município sergipano, o qual já foi destacado como importante centro econômico no estado e no Baixo São Francisco. A ponte da BR 101 sobre o Rio São Francisco conecta Sergipe e Alagoas por rodovia.



**Figura 23.** Propriá – SE e a ponte da BR 101 sobre o rio São Francisco. Foto: Vanildo S. Oliveira

O piau, xira, tucunaré, piranha e robalo são os principais peixes capturados. Também foram mencionados cari, dourado, pilombeta entre outros. Não foi possível contato com a colônia de pescadores local. Sabe-se que a pesca local é diversificada. Nove apetrechos de pesca foram registrados em Propriá. A pesca com redes de emalhar predomina, com malhas de 2 a 15 cm, dirigidas principalmente a pesca de xira, piau e tilápia. Na pesca com tarrafas são pescados xiras piaus e tilápias, em malhas que podem variar entre 2 a 13 cm. Covos, para a pesca de piaus e camarões são confeccionados com talas de taboca ou em varas de marmeleiro. Com vara e anzol são pescados robalos, dourados e tucunarés. Linha de mão é dirigida à pesca de tucunaré, robalo e piranha. Jereré, rede de arrasto de croa, grosseira e cuvu também foram registrados.

As embarcações observadas na pesquisa medem entre 6,5 a 8 m. São movidas a motor, à vela e a remo. Em Propriá foi possível registrar o capricho das pinturas das embarcações. Além de proporcionar beleza, as pinturas são marcas de identificação para os pescadores do mesmo modo que o nome o é para a Capitania dos portos, pois dificilmente haverá duas iguais (Figura 24). Para além de dar beleza a embarcação, as pinturas proporcionam maior durabilidade e valor agregado.



**Figura 24.** Pintura típica de canoa Barco caprichosamente pintado. Foto: Artur Bruno.

### **Povoado Chinaré**

No município de Igreja Nova, o povoado Chinaré (Figura 25) representa o principal contato do mesmo com o Rio São Francisco.



**Figura 25.** Entrada ribeirinha do povoado Chinaré, Igreja Nova – AL. Foto: Vanildo S. Oliveira

A Colônia Z-32 registra 80 associados no povoado de Chinaré, no entanto ela abrange 42 distritos, envolvendo cerca de 1.100 pescadores. Nos relatos durante a expedição no município de Igreja Nova, os associados informaram que a colônia tem forte atuação na garantia do seguro-defeso e que dos seus 1.100 sócios ativos, 300 pescadores não tinham recebido o seguro-defeso em 2018, ocasionados em parte, pelas dificuldades de acesso ao sistema Prev Web, pertencentes ao INSS, possivelmente pela inconsistência no tipo de habitat

de pescarias (por exemplo: pescarias em ambientes estuarinos e marinhos, entretanto os mesmos pescam no rio e em lagoas marginais).

Cinco artes de pesca foram registradas. A rede de espera (rede de emalhar) é usada para capturar xira, piau, piranha e traíra. A rede de emalhar com malhas de 40 e 45 mm nó a nó, fio 0,25 e 0,30 mm é adquirida por R\$ 150,00 a 200,00. Na pesca com caceia antes só se capturava xirá, agora é só piau. Mas houve pescadores reclamando da diminuição dos piaus nas capturas também. Uma pescaria boa é considerada quando se captura 10kg.

Entre os que afirmam pescar apenas no rio (São Francisco), o cará foi a espécie mais representativa nas capturas, seguida por piaba, xira, piau e traíra. Outra importante modalidade é a pesca de camarão com covos (Figuras 26, 27 e 28).



**Figura 26.** Pesca de camarão com covos no povoado de Chinaré. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 27.** Pesca de camarão canela com covos, no Baixo São Francisco. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 28.** Captura do camarão canela com covos no Baixo São Francisco. Foto: Vanildo S. Oliveira

O uso do jereré é justificado pela abundância do cará e traíra, suas espécies alvo, que são capturadas junto à vegetação. Vara de bambu e anzol também são usados na captura de cará, além de piabas e piranhas. Linha de mão e tarrafa também foram mencionadas. Áreas repletas de vegetação limitam o uso desses aparelhos – os anzóis da linha de mão podem se prenderem nos ramos e galhos e a roda da tarrafa tem seu fechamento prejudicado pela presença das plantas nas quais os peixes se abrigam. Nos riachos as principais espécies capturadas são piaba, cará e traíra. O tucunaré é pescado com tarrafa, mas é muito predador das outras espécies.

As espécies que não ocorrem mais são: cumbá (peixe de couro), xira e tubarana. Os pescadores anseiam por peixamento de xira e piau cutia, por parte da CODEVASF. A maioria dos pescadores utilizam barcos de madeira movido a remo. Muitos não utilizam embarcação. Esse quadro pode ser explicado pelo fato de o Município contar com diversas lagoas e o Rio Boacica que não é navegável em metade de seu trecho, principais locais de pesca dos entrevistados. Uma canoa com motor custa em média R\$ 5.000,00.

A exemplo do ocorrido nos estudos de Lima *et al.* (2010) e Soares *et al.* (2011), há forte presença do atravessador na comercialização do pescado onde o preço pode variar de R\$ 10,00/kg na venda direta ao consumidor e por R\$ 5,00/kg ao atravessador, chamado na região de cambista.

### *Penedo*

Penedo (Figura 29) é a maior, mais antiga e mais tradicional cidade do Baixo São Francisco.



**Figura 29.** Penedo - AL. Foto: Vanildo S. Oliveira.

A colônia tem cerca de 1.000 pescadores associados. Seis artes de pesca foram registradas em Penedo. A rede de emalhar predomina entre os pescadores entrevistados. A tarrafa, cujo principal comprimento de malha é o de 3 cm é dirigida para a captura da xira. A linha de mão é voltada para as capturas de robalos, piranhas e piaus. A grosseira, cada vez menos usada, é dirigida, principalmente, para a pesca de piranhas. Rede de arrasto e vara anzol, segundo os pescadores não são utilizados na pesca comercial.

Soares *et al* (2011) descrevem a composição das espécies desembarcadas na cidade de Penedo, registrando 22 espécies, entre as quais predominou a xira (percentual médio de 40%) e do piau (22%).

No presente trabalho, os principais recursos pesqueiros foram xira e piau são as principais espécies capturadas pelos pescadores, seguidos por tucunaré, tilápia, piranha e camurim.

Segundo os pescadores, a xira está cada vez mais rara nas capturas. Piau cutia, tubarana e surubim desapareceram. Segundo eles, os surubins ficam mais acima em maiores profundidades perto da barragem de Xingó. Atualmente estão capturando muitas espécies do mar como: carapeba, curimã, xaréu, robalo, camurim e camurupim.

Os pescadores entrevistados em Penedo usam embarcações de madeira com comprimento médio de 7,48m, com 0,9 a 1m de largura, construídas com madeira denominada de “Loro canela”, e movidas a motor de rabeta. Custam cerca de R\$ 5.000,00. Uma canoa de madeira tem duração média de 12 anos.

Uma pescaria boa é quando capturam de 10 a 12 kg. Os preços dos peixes variam em função da espécie, um quilo de piau preto custa R\$ 12,00, e do piau branco R\$ 8,00, enquanto o quilo da xira chega a custa R\$ 20,00.

### *Piaçabuçu*

O município de Piaçabuçu (Figura 30) é considerado o principal polo pesqueiro da região. Com 17.203 habitantes, e IDH de 0,57 (IBGE, 2019), o município não difere tanto dos demais da região, mas destaca-se pela pluriatividade pesqueira, sendo esta realizada nas águas do estuário e da costa, mobilizadas pela alteração da salinidade e diversidade de ambientes (salinos, estuarinos e dulciaquícolas). É considerado o maior produtor pesqueiro de camarões marinhos e peixes de Alagoas.



**Figura 30.** Porto de Piaçabuçu – AL. Foto: Vanildo S. Oliveira.

Cerca de 2.500 pescadores são registrados na Colônia. No rio e estuário, estima-se que atuam 800 embarcações. As redes de emalhar são os principais aparelhos de pesca, com destaque para as redes para pilombeta, seguidas pelas redes para carapeba e robalos, cada uma com dimensões e materiais específicos. A faina de pesca no rio, tem a saída à noite e retornam de madrugada, os que pescam no mar saem e passam o dia todo.

Também são encontrados na região grosseiras para bagre e tubarões, covo, jereré (para a pesca de camarão miúdo) e a linha de mão e tarrafa.

Os barcos utilizados pelos pescadores possuem comprimento médio de 7,2 metros e são movidos, principalmente por motor de rabeta. A canoa com motor fica em torno de R\$ 6.000,00.

Em Piaçabuçu, a principal espécie capturada é a pilombeta, dos pescadores entrevistados. No entanto, os dados levantados na região indicam quedas nas capturas da pilombeta, um dos recursos que chegou a representar cerca de 18% das capturas na mesorregião de Penedo equivalendo a terceira espécie mais capturada (Soares et al., 2011), praticamente desapareceu da região, e como possíveis causas, a pouca vazão do rio e elevados índices de contaminantes provenientes de esgotos das cidades podem ter contribuído para esta diminuição. Assim como observado nos outros municípios, os pescadores relataram queda nas capturas de curimatã-pacú e piaus, bem como do robalo (*Centropomus sp.*), e aumento nas capturas de siris (*Calinectes sp.*) e camuripin (*Megalops atlanticus*).

As espécies do rio praticamente sumiram, inclusive a pilombeta espécie que tinha uma pesca tradicional na cidade, agora não mais porque a salinidade está muito alta. Atualmente só capturam espécies do mar, curimã, carapeba e robalo.

Os peixes de água doce só aparecem quando ocorre uma grande chuva. Em 2000 a água era doce ainda, havia muita pilombeta, realizavam lances de rede que capturavam cerca de 300kg. O peixe mandí faz 15 anos que não aparece assim como o surubim todos desaparecidos. Informaram que as áreas, tanto do rio como estuário, não foram atingidas pelo desastre do óleo.

Uma pesca boa no rio é quando capturam de 20 a 30 kg, no inverno podem capturar até 80kg.

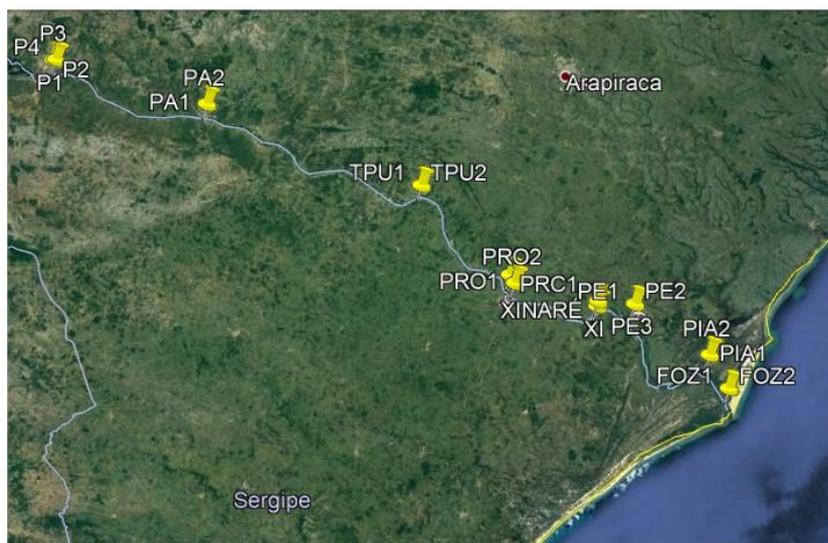
Adicionalmente, os entrevistados relataram algumas modalidades de pescarias que prejudicam a ictiofauna e contribuem com a sobrepesca dos principais estoques, tais como: pesca de batida, arrasto, arpão, rede de cerco ou lambuda (malha inferior a permitida pelos órgãos ambientais), além de competição com pescadores de outras regiões, implantação de cooperativa, necessidade de capacitação em mecânica e manutenção de motores e cuidados com o descarte adequado de óleo dos motores das embarcações de maior porte, exigindo para o sucesso da atividade, medidas protetivas de espécies com aumento da fiscalização. Ações para conter roubos, drogas e violência nas comunidades de pescadores e diminuição com atrasos no pagamento no seguro-defeso, foram citadas como empecilhos para a atividade de pesca em Piaçabuçu.

Há registros de atividades oficiais esporádicas de peixamento no rio, porém estas ações estão muito aquém do mínimo necessário para que se permita recompor a fauna piscosa do rio, bem como seu equilíbrio ambiental. Com o agravamento do assoreamento e redução da vazão do rio nos últimos anos, tem aumentado os problemas ambientais e, conseqüentemente, reduzido à

disponibilidade de peixes, tanto em número quanto em relação à quantidade de espécies existentes e que povoam o rio.

### PROSPECÇÃO PESQUEIRA

As atividades de prospecção pesqueira ocorreram nos pontos conforme indicado nas figuras 31 a 40 e na Tabela 1.



**Figura 31.** Localização dos pontos de coletas no baixo São Francisco. Fonte: Google Earth 2020

Tabela 1: Localização dos pontos de coleta em cada cidade.

Cidades e Povoados	Pontos coletados	Latitude (S)	Longitude (W)
Piranhas	P1	09° 37' 39,64"	037° 45' 24,15"
Piranhas	P2	09° 37' 41,04"	037° 45' 26,87"
Piranhas	P3	09° 37' 37,94"	037° 45' 01,33"
Piranhas	P4	09° 37' 37,77"	037° 45' 00,32"
Pão de Açúcar	PA1	09° 45' 27,77"	037° 26' 28,58"
Pão de Açúcar	PA2	09° 45' 30,26"	037° 26' 25,56"
Traipú	TP1	09° 58' 51,46"	037° 00' 30,23"
Traipú	TP2	09° 58' 50,84"	037° 00' 25,22"
Porto Real do Colégio	TPC1	10° 11' 21,06"	036° 50' 30,35"
Propriá	PRO1	10° 12' 26,71"	036° 50' 01,94"

Propriá	PRO2	10° 12' 26,89"	036° 49' 59,47"
Chinaré	XI	10° 26' 30,39"	036° 39' 53,54"
Penedo	PE1	10° 16' 45,54"	036° 35' 05,41"
Penedo	PE2	10° 16' 44,26"	036° 35' 06,18"
Penedo	PE3	10° 16' 41,51"	036° 35' 07,46"
Piaçabuçu	PI1	10° 24' 12,20"	036° 26' 19,08"
Piaçabuçu	PI2	10° 24' 10,85"	036° 26' 18,99"
Foz (Piaçabuçu)	FOZ1	10° 28' 40,68"	036° 24' 22,46"
Foz (Piaçabuçu)	FOZ2	10° 28' 43,39"	036° 24' 17,77"



**Figura 32.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Piranhas. Fonte: Google Earth 2020



**Figura 33.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Pão de Açúcar. Fonte: Google Earth 2020



**Figura 34.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Traipu. Fonte: Google Earth 2020



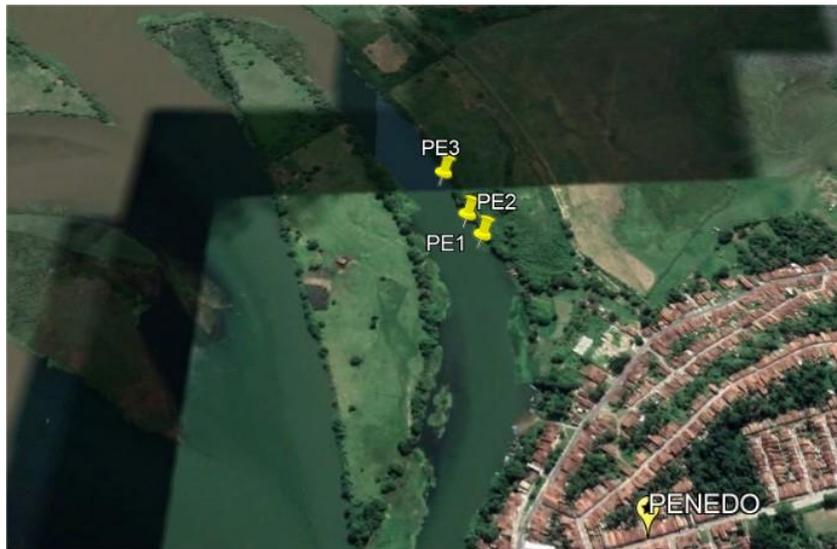
**Figura 35.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Porto Real do Colégio. Fonte: Google Earth 2020



**Figura 36.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Propriá. Fonte: Google Earth 2020



**Figura 37.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Chinaré. Fonte: Google Earth 2020



**Figura 38.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Penedo. Fonte: Google Earth 2020



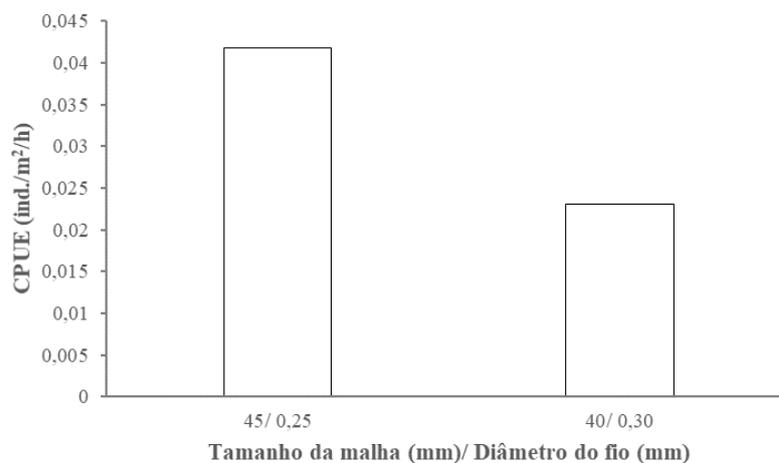
**Figura 39.** Localização dos pontos de coletas na cidade de Piaçabuçu. Fonte: Google Earth 2020



**Figura 40.** Localização dos pontos de coletas na Foz do São Francisco. Fonte: Google Earth 2020

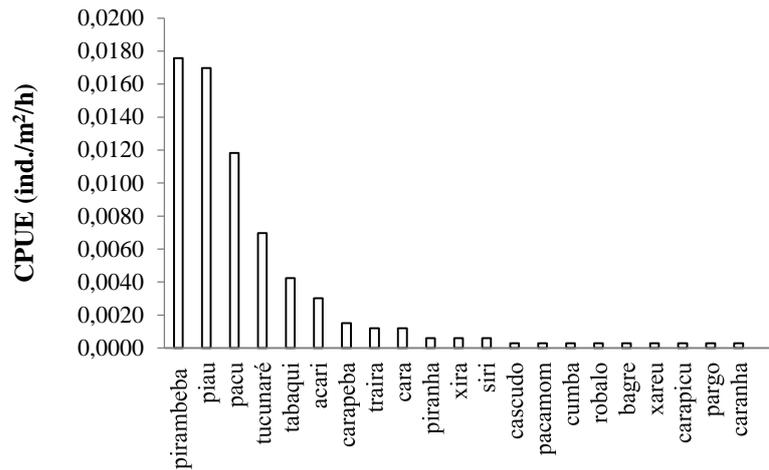
As redes de emalhar mais utilizadas nas estações, em função das condições e tempo em que a Expedição permaneceu em cada cidade, foram as de 40, 45 e 50mm. No entanto, só foi possível realizar análise de abundância relativa (CPUE) do total de captura nas redes de 40 mm com diâmetro do fio 0,25mm e de 45mm com fio de 0,30mm (Figura 41).

A rede com abertura de malha maior (45mm entre nós), apresentou uma abundância maior nas capturas, provavelmente devido ao fato de que a presente prospecção ter sido realizada no período de defeso, quando os indivíduos adultos estão mais ativos. Aliado ao diâmetro do fio da rede mais fino, o que torna ela, principalmente em águas com pouca turbidez como o baixo, menos visível e conseqüentemente com maior eficiência de captura.



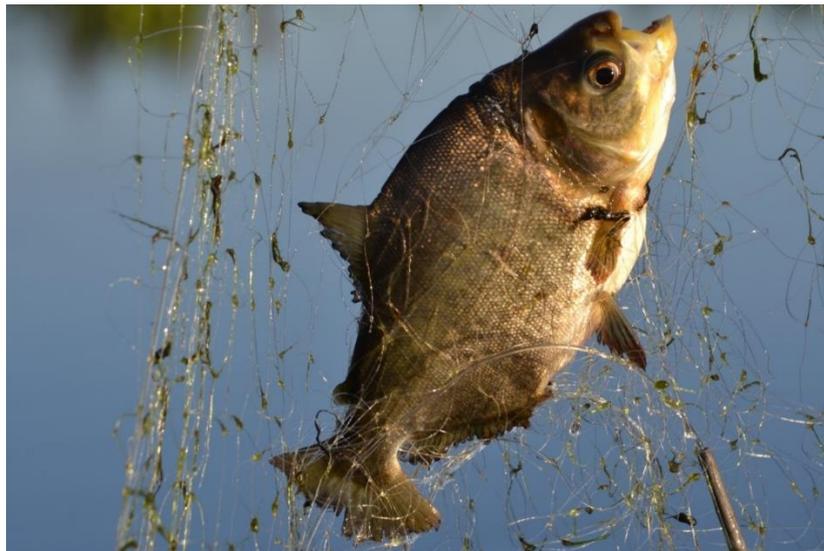
**Figura 41.** Captura por unidade de esforço – CPUE, por rede de emalhar.

Quando analisamos a abundância por espécies, observamos que quatro se destacam em toda a área de estudo (Figura 42).



**Figura 42.** Abundância relativa por espécie.

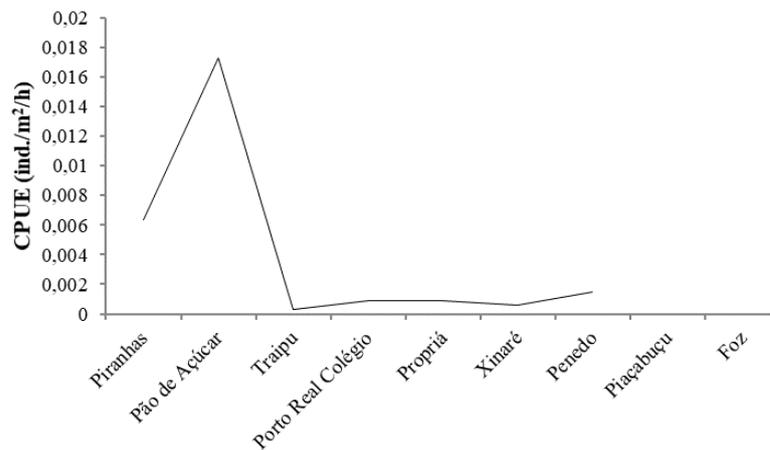
A pirambeba foi a espécie mais abundante, na captura com rede de emalhar (Figura 43). No entanto, a espécie não tem grande valor econômico, além de ser um carnívoro voraz, que chega a prejudicar parte das capturas (Figura 44). Sua maior abundância foi observada entre as cidades de Piranhas e Pão de Açúcar, declinando no sentido da foz (Figura 45).



**Figura 43.** Pirambeba capturada com rede de emalhar. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 44.** Predação causada pela pirambeba. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 45:** Abundância relativa da pirambeba por localidade.

O segundo recurso pesqueiro mais abundante foram os piaus (*Leporinus* spp.) (Figura 46), que apresenta uma boa aceitação e um bom valor comercial, como foi descrito, esses valores variam de acordo com a espécie. Sua maior abundância foi constatada na cidade de Piranhas declinando bruscamente em direção a foz (Figura 47). Essa maior abundância nas cidades mais próximas da barragem de Xingó pode ser explicada, por dois fatores: o aumento da vazão promovido pela CHESF durante a expedição, e a subida da espécie na época da reprodução.

Essas informações são muito importantes, pois corroboram como sendo esta a melhor época (defeso) para proteger essa espécie. Essa espécie parece ter características eurialinas, pois ocorreu até Piaçabuçu onde existe grande influência da água do mar. Isso corrobora com

os relatos dos pescadores ao longo do Baixo São Francisco, que sempre mencionaram esse recurso pesqueiro como um dos principais na região.



Figura 46. Piau capturado na rede de emalhar. Foto: Vanildo S. Oliveira

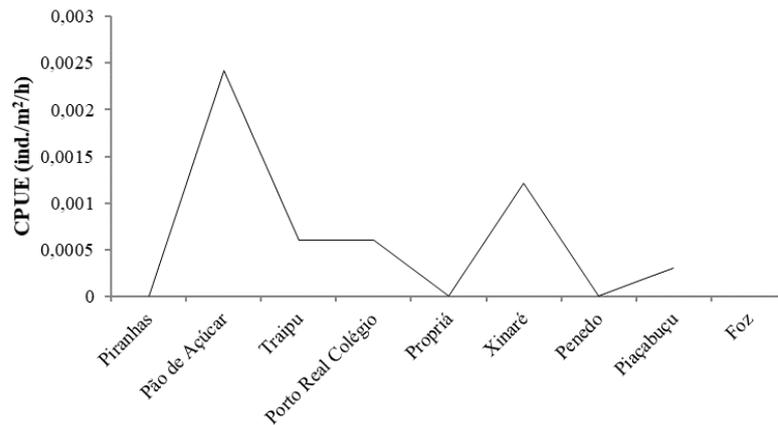
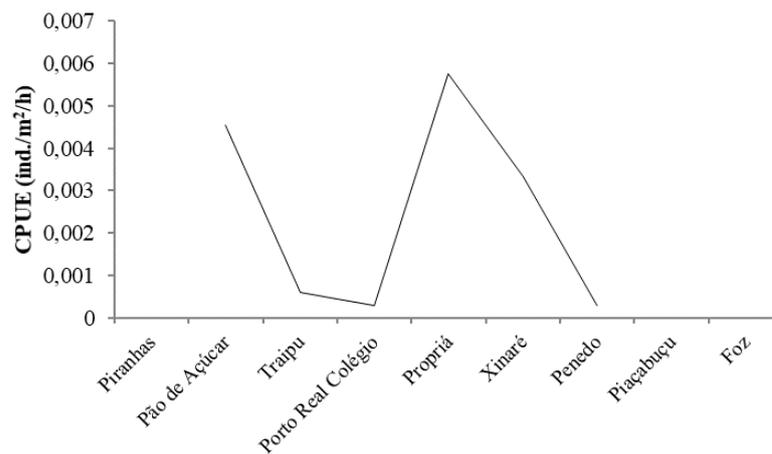


Figura 47. Abundância relativa do piau por localidade.

O pacu foi a terceira espécie mais abundante (Figura 48), ocorrendo entre Pão de Açúcar e Penedo, com maior pico em Propriá (Figura 49). Não tem grande valor econômico, mas é apreciado pela população.



**Foto 48.** Pacu capturado na rede de emalhar. Foto: Vanildo S. Oliveira

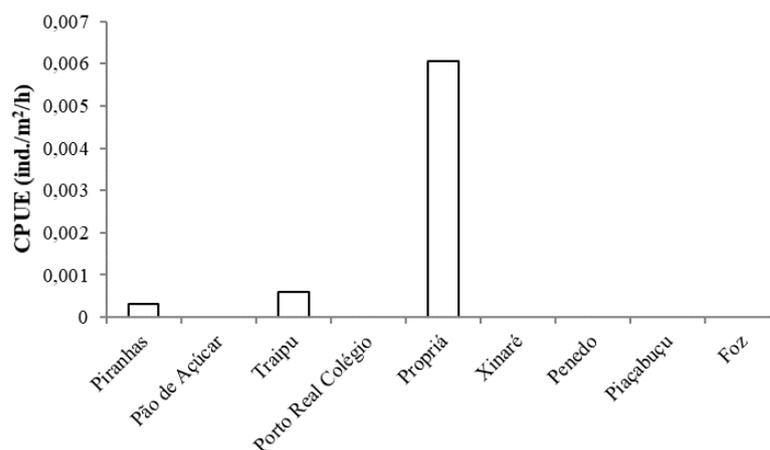


**Figura 49.** Abundância relativa do pacu por localidade.

A quarta espécie mais abundantes foi o Tucunaré (Figura 50), espécie carnívora com valor comercial e bastante apreciado pela população. Têm hábitos de guardar a prole na boca e devorar as outras espécies, o que segundo os pescadores contribui fortemente para a diminuição de outras espécies. Apresentou sua maior abundância em Porto da Real do Colégio, não sendo mais capturada rio abaixo na expedição (Figura 51), pois a espécie parece ser bastante sensível às variações de salinidade, por ser uma espécie característica de água doce.



**Figura 50.** Tucunaré capturado na rede de emalhar. Foto: Vanildo S. Oliveira



**Figura 51.** Abundância relativa do tucunaré por localidade.

Quanto a frequência de ocorrência acumulada, as quatro espécies mais abundantes (pirambeba, piau, pacu e tucunaré), representam cerca de 76,6% do total das capturas. Os principais peixes carnívoros de água doce representaram 40,1% (traira, tucunaré, pacamã, piranha e pirambeba). As espécies marinhas representaram 5,3%, sendo todos carnívoros (Figura 52). Apesar de todos os danos ambientais que o rio sofre, a presença de carnívoros é um bom sinal, pois eles têm um papel muito importante, principalmente no caso do controle de espécies exóticas, como a tilápia que está sendo cultivada amplamente, e quando soltas podem causar danos ao ambiente nativo. Não foi registrada captura de tilápias nas pescarias, um sinal aparente que esses predadores são fundamentais.

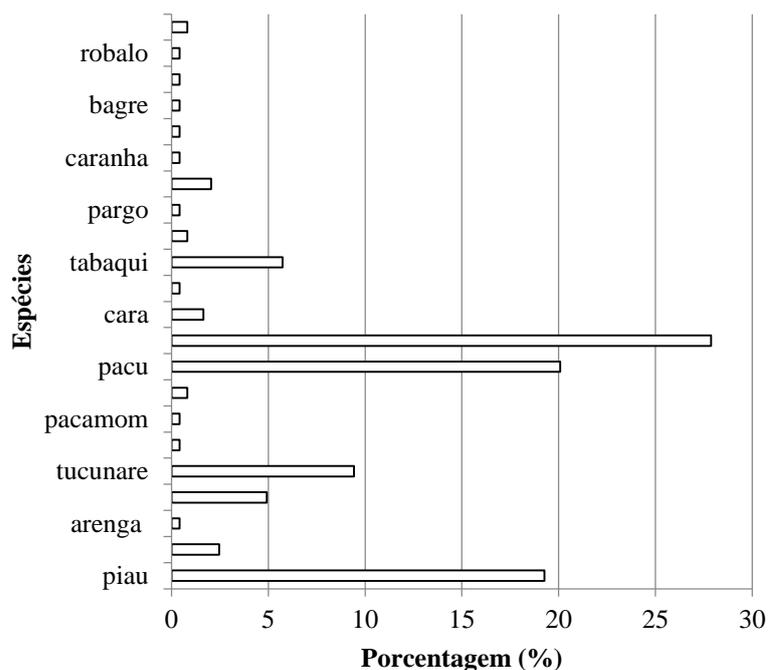


Figura 52. Distribuição de porcentagem de frequência das espécies capturadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A região do Baixo São Francisco apresenta uma série de impactos ao longo do curso, com alterações bastante visíveis sobre o rio. A redução das áreas de pesca, por outras atividades tem sido atestada na região. O aumento da poluição do rio, o desmatamento das matas ciliares, a grande descarga de esgotos e a baixa vazão de suas águas, devido ao represamento da hidroelétrica de Xingó, tem causado assoreamento, formação de bancos de areia, destruição de habitats importantes, como as lagoas marginais, com efeitos muitas vezes devastadores sobre os recursos pesqueiros.

Além da evidente total falta de gestão das atividades antrópicas ao longo desse trecho, é preciso também avaliar os efeitos de todas as ações à montante da região. Para tal, se faz necessário e urgente que o rio receba a devida atenção do Estado brasileiro, através de um detalhado estudo e monitoramento de todos os impactos para que sejam, dessa forma, retomadas ações rigorosas de revitalização do rio, as quais sempre foram abandonadas, sacrificando os reais interesses da sociedade em detrimento do custo político da gestão ambiental e do ordenamento das atividades econômicas.

Os impactos causados pelo assoreamento só podem ser minimizados com fiscalização eficiente. A implantação de programas de reconstituição de matas ciliares e de educação ambiental, principalmente junto às associações de criadores de gado, prefeituras e indústrias seriam as primeiras recomendações. A legislação florestal é clara, mas a fiscalização precisa receber condições políticas, jurídicas, financeiras e de capital humano.

O saneamento básico de água e esgoto precisa passar a ser encarados como prioridades pela gestão pública federal e municipal, bem como por organizações da sociedade civil organizada e moradores, pois afeta não apenas os organismos aquáticos, mas a todos nós, milhões de pessoas usuários do rio ao longo da bacia do rio São Francisco.

Os impactos causados por macrófitas, tanto no fundo como na superfície do rio, devem ser motivos de elaborações de soluções, por parte das autoridades competentes, no sentido de desenvolver projetos de aproveitamento dessas toneladas de materiais orgânicos, uma vez que o rio está margeado por solo com predominância areno-argiloso, ou seja, pobre/rochoso e cristalino, especialmente no sertão, onde essa matéria orgânica poderá ser aproveitada (adubos, cobertura de solo entre safra, complemento de ração, ou mesmo complementação, in natura, como alimento para o gado). A execução de projetos pilotos transformaria esse problema em solução.

A população ribeirinha tem a proteína do pescado como parte importante de sua alimentação, sendo a Xira (curimatã pacu), a espécie atualmente mais valorizada e apreciada no baixo SF. Segundo os pescadores ela é o filé da pesca. Dessa forma, a continuidade e ampliação de programas de repovoamento dessa espécie atendem aos anseios dos pescadores, os quais elogiam essa ação e enfatizam que a liberação de indivíduos com maior tamanho, possibilita a sobrevivência em um ambiente com tantos predadores.

Como o processo de migração das grandes espécies foi interrompido com o barramento do rio, as iniciativas de reintroduzir espécies que raramente ocorrem, ou desapareceram do baixo SF, devem ser continuadas e ampliadas, com o objetivo de recompor os estoques pesqueiros.

É marcante a carência de Programas de Assistência Técnica às Colônias e pescadores, no sentido de realização de boas práticas de pesca e conservação do pescado.

A pesca no rio sofre influência direta da intensidade da vazão. Em época de chuvas, as condições melhoram sensivelmente para a produção pesqueira. No entanto, em período de seca interanual, como na última com duração de seis anos, a produção de pescado ficou bastante prejudicada, sendo muitas vezes necessário importar peixes para ser atender à demanda nas feiras.

O repovoamento e cultivo de peixes nativos, desenvolvidos dentro dos padrões de sustentabilidade, podem ser alternativas para suprir a necessidade de pescado nesses períodos. Dessa forma, estímulos a projetos que visem o cultivo e desenvolvimento da cadeia produtiva de espécies nativas devem ser estimulados pelas autoridades governamentais.

As coletas realizadas das espécies foram pontuais, o que permite apenas apontar as condições momentâneas da situação da pesca, demonstrando algumas tendências de resultados e comportamentos. Por este motivo, é fundamental a realização de um programa de monitoramento contínuo, com vistas ao acompanhamento da atividade e de possíveis alterações, garantindo condições para observações mais amplas, significativas e aleatórias para análise de padrões da pesca.

## **REFERÊNCIAS**

AECID - Agência Espanhola de Cooperação Internacional. Proposta de desenvolvimento sustentável da pesca e aquicultura alagoana. Diagnóstico propositivo. Aracaju, 2008. 259 p.

ANA. Estudos na área de cobrança pelo uso de água com o objetivo de estabelecer critérios e condições que possibilitem a aplicação desse instrumento na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Agência Nacional de Águas. Relatório Final. Ref: SCO1157/2007. AS-1710/2007. PROJETO: 704BRA2041 ANA Prodoc. Dezembro/2007. 243 p.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C; ARAUJO, A.R.R. Perfil da ictiofauna da bacia do Rio São Francisco. Profile of the fish fauna of the São Francisco river basin Article, January 2017 DOI: 10.2312/ActaFish.2017.5.1.70-90.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C.S. Perfil da ictiofauna da Bacia do São Francisco: estudo preliminar. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, v. 4, p.155-169, 2009.

LIMA, D. C. A pesca artesanal no ambiente do rio São Francisco, Brasil. Depto. de Ciências Geográficas, UFPE. Bolsista/Pibic/CNPq/ Fundaj-BRA. Disponível

em:<<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Geografiasocioeconomica/Geografiacultural/64.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2020.

REZENDE, P. C. OLIVEIRA, I. M. Descrição socioeconômica dos pescadores no baixo São Francisco, Nordeste-Brasil. 2015, disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/4030/2752>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SATO, Y.; H. P. GODINHO. Migratory fishes of the São Francisco River. Pp. 199-232. In: CAROLSFELD, J. B.; HARVEY, C. ROSS; BAER, A. (Eds.). Migratory fishes of South America: biology, fisheries, and conservation status. Victoria: World Fisheries Trust/ IDRC/ World Bank, 2003. 380p.

**SILVA, E. C. Um Mergulho nas Águas do Velho Chico: Territorialização, Desterritorialização e Reterritorialização dos Pescadores Artesanais de Saramém, Brejo Grande-SE.** 2014. 146f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2014.

SOUZA, E. M. N.; SÁ, M. F. P. A pesca artesanal no baixo São Francisco atores, recursos, conflitos. Petrolina, 2015, Sociedade Brasileira de Ecologia Humana. Disponível em:<<file:///C:/Users/usuario/Documents/EXPEDI%C3%87%C3%83O%20SF/Apesca-no-baixo-S%C3%A3oFrancisco-Atores2cRecursos2cConflitos-2.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2020.



## **Aspectos Higiênico-Sanitários da Comercialização de Pescado em Sete municípios de Alagoas**

Tereza, Iracema Reis Simões<sup>1</sup>, Jhennifer da Silva Pereira<sup>1</sup>, Juliett de Fátima Xavier da Silva<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Laboratório de Tecnologia do Pescado (LATEPE), Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Unidade Penedo, Av. Beira Rio, s/n, Centro Histórico, CEP: 57200-000, Penedo, AL, Brasil.*

### **RESUMO**

O presente estudo objetivou relatar a qualidade higiênico-sanitária do pescado comercializado em feiras livres/mercado público de sete municípios do Baixo São Francisco. Para isso, foram aplicados questionários tipo Check-List elaborados com base na legislação vigente. Para a avaliação das características organolépticas e frescor do pescado foi utilizado o método de índice de qualidade - MIQ. A pesquisa identificou problemas higiênico-sanitários nas feiras livres e mercados, tais como as más condições das bancas, equipamentos e utensílios, dos comerciantes (vestuário inadequado e nas práticas de manipulação) e dos produtos comercializados (temperatura e armazenagem inadequada). Assim, as feiras possuem estruturas inapropriadas para a comercialização, desencadeando agentes que interferem diretamente na boa qualidade do pescado, sendo, portanto de suma importância à adequação das instalações e a correta manipulação e oferta do pescado.

**Palavras chave:** Produtos pesqueiros, qualidade, venda.

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to report the hygienic-sanitary condition of fish commercialization in street and markets in the seven municipalities of Lower São Francisco. Thus, a checklist protocol based on specific legislation was used. To evaluate the fish organoleptic characteristics and freshness, the quality index method (QIM) was used. The research identified sanitary-hygienic problems in the street markets, such as the bad condition of stalls, equipment and utensils, traders (inappropriate clothing and handling practices) and marketed products (inappropriate temperature and storage). It can be concluded that the street

markets had inadequate sanitary conditions for fish marketing and needs to reconstruct and modernize its infrastructure, as it shows no suitable conditions to serve as a retail outlet for fish.

**Keywords:** Fishery products, quality, sale.

## INTRODUÇÃO

As feiras livres são apontadas como um dos principais espaços de comercialização varejista devido às variadas formas de apresentação que o produto é disponibilizado para a venda (JESUS, SANTOS e CARVALHO, 2018).

No Brasil, as feiras livres foram introduzidas pelos portugueses durante o período colonial, sendo o modelo de mercado periódico mais antigo e tradicional do país, exercendo grande importância no desenvolvimento econômico, social e cultural (SILVA JUNIOR, FERREIRA e FRAZÃO, 2017).

Existe uma preferência do consumidor pelas feiras livres e mercados públicos devido à oferta de produtos com um preço mais acessível, e devido ao conceito de que os alimentos ali comercializados são sempre frescos e de qualidade superior (SILVA JÚNIOR et al., 2017), incluindo o pescado fresco, condição preferencial pela maioria dos consumidores (JESUS et al., 2018).

Entretanto, vale ressaltar que nestes centros de comercialização, 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, tornando-se um ambiente propício para incorporar externamente materiais estranhos de origem biológica ou não (SILVA JÚNIOR et al., 2017), o que pode refletir diretamente na saúde do consumidor.

Os problemas de saúde ocasionados pelo consumo de pescado quase sempre estão relacionados a práticas inadequadas de armazenamento e comercialização, em feiras livres ou mercados municipais, devido ao não cumprimento do trinômio tempo, temperatura e higiene, razão pela qual a segurança alimentar vem ganhando espaço e atenção global, face à ocorrência de doenças veiculadas por alimentos (EVANGELISTA-BARRETO, DAMACENA, CARDOSO, MARQUES e SILVA, 2017).

Segundo o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA (2017), Subseção VI, Art. 205, entende-se por pescado os peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os répteis, os equinodermos e outros animais aquáticos

usados na alimentação humana. O pescado é um alimento de excelente valor nutritivo devido as suas proteínas de alto valor biológico, vitaminas e ácidos graxos insaturados (EVANGELISTA-BARRETO et al., 2017). Entretanto, é um alimento bastante perecível, por ser muito suscetível à autólise; à oxidação de gorduras; à ação bacteriana; por apresentar pH próximo à neutralidade; elevada atividade de água nos tecidos e alto teor de nutrientes facilmente utilizáveis pelos microrganismos (OGAWA e MAIA, 1999). Das alterações que caracterizam a deterioração do pescado estão aquelas relacionadas às características organolépticas do pescado fresco. Por esta razão necessita de condições sanitárias adequadas desde a captura, manipulação até a comercialização.

Deste modo, a aplicação de métodos que investiguem a qualidade de produtos pesqueiros comercializados em feiras livres/mercados públicos, proporciona levantamentos de informações para o setor, tais como os problemas, dificuldades e desafios. Este tipo de informação é de grande importância, para se ofertar produtos de boa qualidade, saudáveis e seguros aos consumidores, principalmente por serem ofertados frescos. Por estes motivos o objetivo deste trabalho foi avaliar a condição higiênico-sanitária de sete feiras livres em Municípios do Baixo São Francisco.

## **METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu (Figura 1), no período de 17 a 27 de novembro de 2019. A pesquisa foi exploratória e fundamentou-se em análise qualitativa e investigativa, por meio da observação e avaliação da realidade, para tanto foram elaborados questionários do tipo Check-List adaptados da:

- Portaria nº 368, de 04 de setembro de 1997, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1997), que regulamenta as normas das condições higiênico-sanitárias e da avaliação da estrutura física de comercialização do pescado, sendo avaliados os seguintes itens: Condições Ambientais e Edificações, Condições Higiênicas dos Utensílios e Equipamentos, Perfil dos Manipuladores, Condições do Pescado e Destino dos Resíduos Orgânicos (lixo);

- Resolução RDC nº 275, de 21 de Outubro de 2002 (BRASIL, 2002), que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos;

- Resolução RDC 216, nº de 15 de Setembro de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2004), que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviço de Alimentação, e;

- Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997 da Secretária de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (BRASIL, 1997), que dispõe sobre o Regulamento Técnico Sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.

- Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997, Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco.

Tais questionários enfatizaram o recebimento e exposição do pescado à venda, higiene do manipulador e dos materiais e utensílios, além da infraestrutura das instalações/edificações.

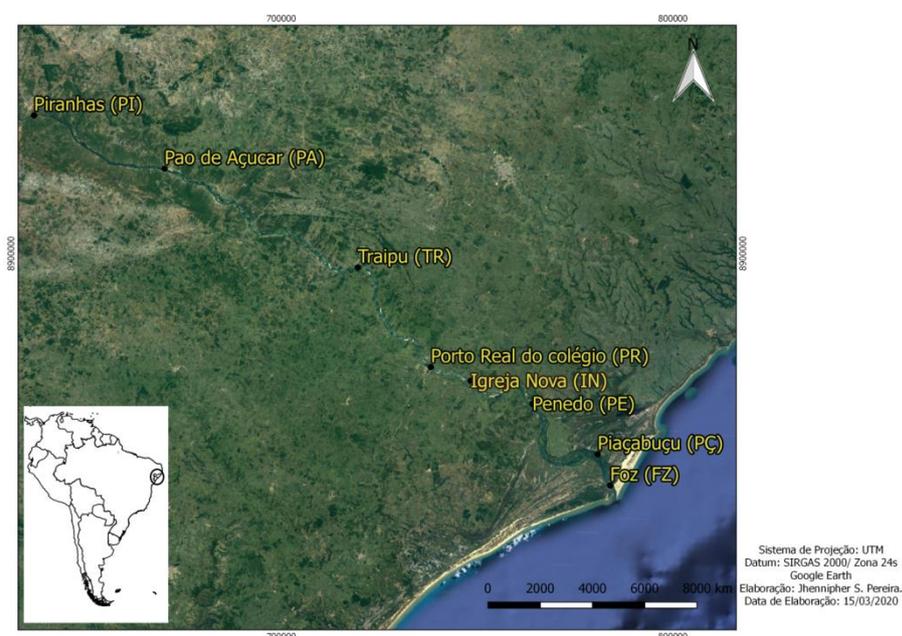


Figura 1 – Locais da pesquisa: Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu - AL.

Os questionários (ANEXO 1) foram aplicados durante a II Expedição nos dias em que ocorrem as feiras nos referidos municípios, avaliando os seguintes pontos: perfil socioeconômico, aspectos gerais higiênico-sanitários, requisitos e aspectos higiênicos dos funcionários e aspectos gerais sobre a comercialização. Para mensurar a temperatura foi utilizado termômetro infravermelho digital.

Para avaliar características organolépticas do pescado, utilizou-se o método de índice de qualidade (MIQ). Amostras de peixe foram avaliadas de acordo com o protocolo de avaliação da corvina (*Micropogonias furnieri*) adaptado de Teixeira et al. (2009), sendo avaliados os atributos: Aspectos gerais, olhos, e brânquias (ANEXO 2), com escala de pontuação (scores)

de 0 a 2 para cada atributo. Amostras de camarão foram avaliadas de acordo o protocolo de avaliação de *Litopenaeus vannamei* adaptado de Oliveira, Freitas, Clemente e Mársico (2009), sendo avaliados os atributos: Aroma, cor, melanose, aderência da carapaça e aderência ao corpo (ANEXO 3), com escala de pontuação de 0 a 2 para cada atributo. O total de pontuação de cada protocolo variou 0 a 22 (limite de aceitabilidade) para peixes e de 0 a 10 (limite de aceitabilidade) para camarão, considerando a menor pontuação (zero) para o pescado fresco, e a partir de 22 pontos (peixe) ou 10 pontos (camarão), para estado de deterioração ou deteriorado, impróprio para a comercialização.

Para a análise dos dados foi utilizado estatística descritiva qualitativa e quantitativa, utilizando o Programa Microsoft Excel 2016®.

## **RESULTADOS**

### *Perfil socioeconômico*

Os dados sobre feirantes envolvidos com a comercialização de pescado são deficientes e não mantem atualização ordenada. Para potencializar a expectativa de sucesso na organização de políticas públicas habilitadas em melhorar as condições de trabalho dos feirantes é primordial que se tenha conhecimentos seguros sobre a cadeia produtiva e os trabalhadores envolvidos. Portanto, fazem-se essenciais, elementos e informações sobre as características socioeconômicas, assim como a caracterização dos aspectos higiênico-sanitários das feiras, para entender seus anseios e perspectivas de melhorias na atividade.

Foram entrevistadas (Figura 2) ao todo 39 pessoas que desenvolvem alguma atividade relacionada com a venda de pescado, das quais, 59% eram do sexo masculino e 41% (Figura 3), sendo um homem e três mulheres em Piranhas, seis homens e duas mulheres em Pão de Açúcar, quatro homens e duas mulheres em Traipu, cinco homens e uma mulher em Porto Real do Colégio, três homens e duas mulheres em Igreja Nova, um homem e três mulheres em Penedo e um homem e cinco mulheres em Piaçabuçu, esta última mais associada ao beneficiamento do pescado (Figura 4).



Fonte: Muniz (2019).

Figura 2 – Coleta de informações qualitativas em entrevistas com os feirantes de Igreja Nova – AL (A, B), Traipu (C).

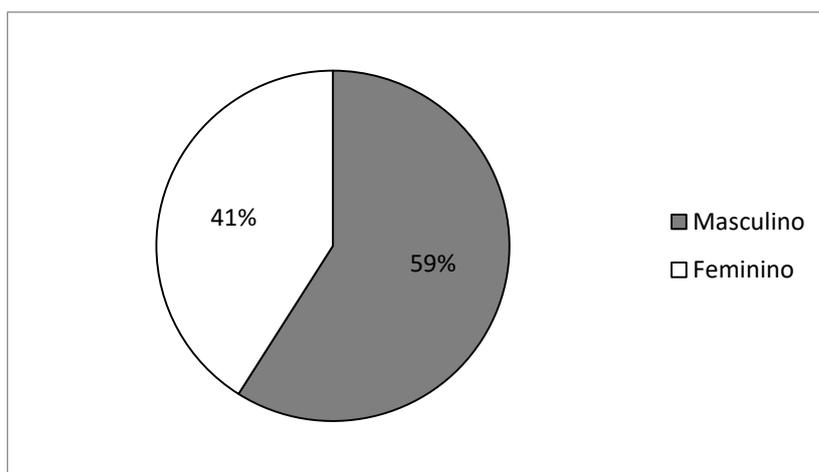


Figura 3 – Divisão por sexo de feirantes de pescado nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.

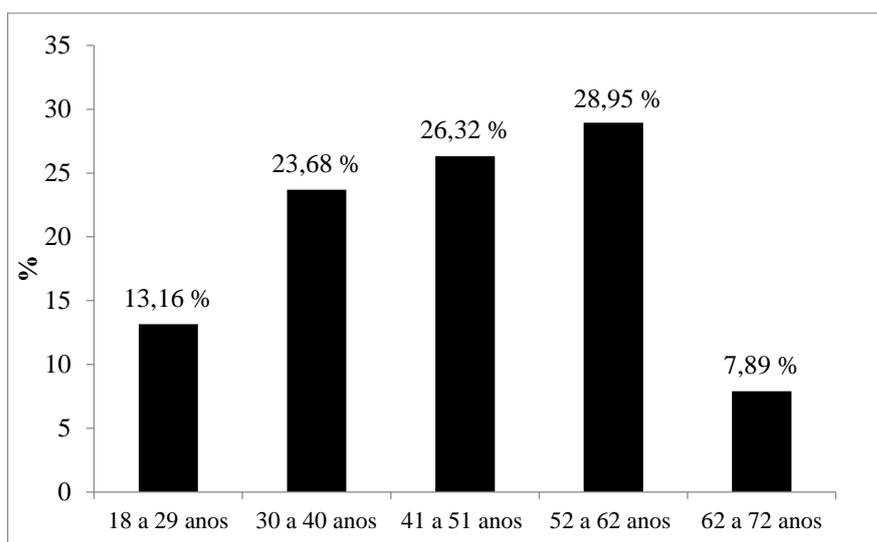


Fonte: Simões (2019).

Figura 4 - Atividade do processamento de filetagem do camarão espigão (*Xiphopenaeus kroyeri*) em Piaçabuçu – AL.

A atividade de feirante ocupa jovens e idosos com idade entre 18 e 72 anos. A média é de 45 anos, idade que compreende a faixa etária de 41 a 51 anos, representando 26,2% dos entrevistados (Figura 5).

Figura 5 - Faixa etária dos feirantes de pescado Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.



Outra característica é o elevado índice de baixa escolaridade. Apenas 26,3% possuem o ensino médio completo, 47,4% possuem o fundamental incompleto, 13,2% o médio incompleto, 7,9% não são alfabetizados, e 2,6% possuem nível superior e técnico (Figura 6).

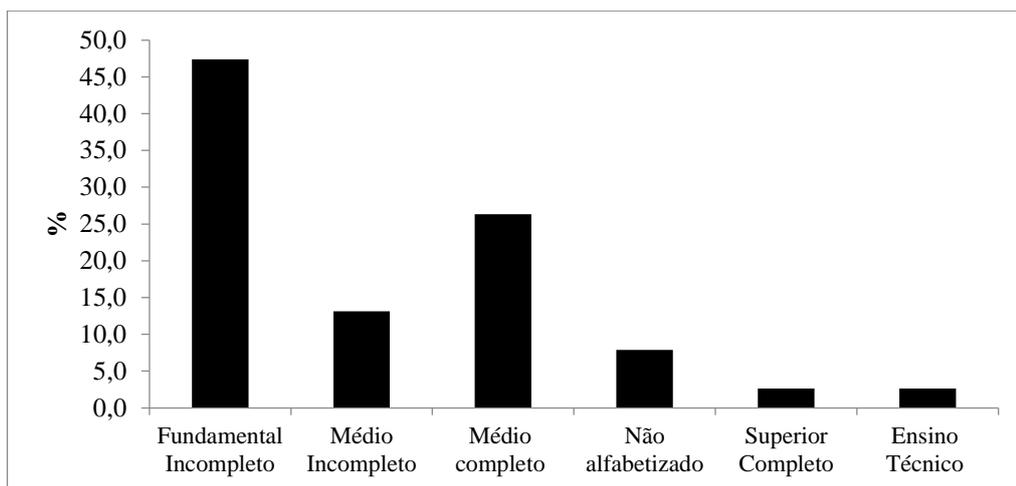


Figura 6 – Escolaridade dos feirantes de pescado Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.

Do total dos feirantes, 44,7% estão envolvidos na atividade por falta de opção e 50,0% por influências dos pais (Figura 7), o que demonstra uma estagnação de grande parte desses trabalhadores e uma falta de perspectiva de mudanças.

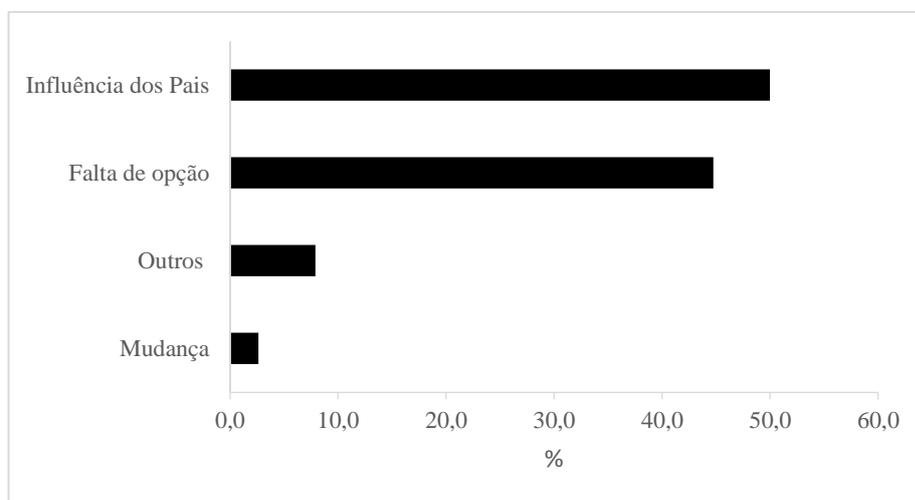


Figura 7 – Motivos para ingressar na atividade de comercialização do pescado.

Os feirantes possuem em média 20,6 anos de serviço, 34,2 trabalham exclusivamente com a venda do pescado, porém devido à necessidade de complementar a renda familiar, alguns possuem outras fontes de renda, 7,9% recebem aposentadoria, 15,8% trabalham na pesca, 10,5% recebem o seguro defeso, 5,3 trabalham com processamento do pescado, e 21,1% realizam outros serviços (Figura 8).

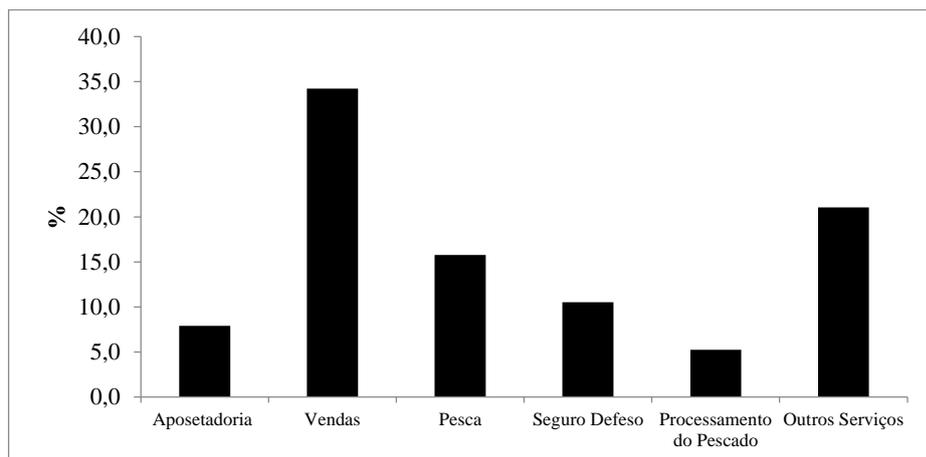


Figura 8 – Porcentagem de outras fontes de renda dos feirantes de pescado Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.

Em relação ao estado civil, 58% são casados, com família composta por 2 a 10 membros, 29% são solteiros e 13% mantêm outros tipos de relacionamento. Essas famílias sofrem impacto considerável dos programas de transferência de renda, uma vez que 68% de todos os entrevistados afirmaram que recebem algum tipo de benefício do governo (Figura 9).

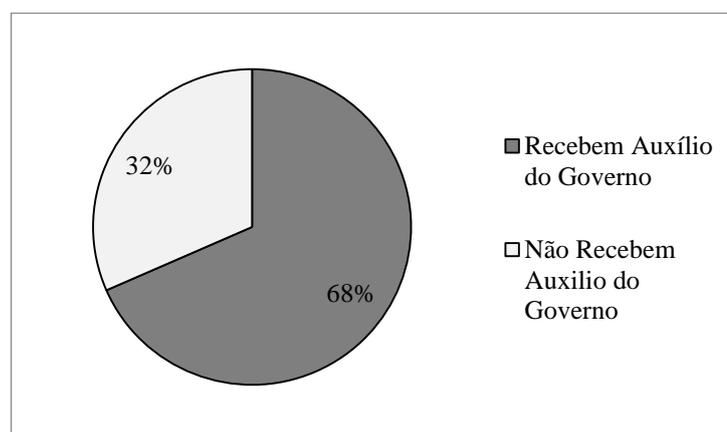


Figura 9 – Porcentagem dos feirantes de pescado nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL que recebem algum benefício governamental.

Quanto aos aspectos gerais do ambiente da feira, não foram observadas instalações sanitárias em 100% delas, mesmo parte do comércio, sendo realizado em mercados públicos.

A disponibilidade de água utilizada pelos feirantes foi constatada em todas as bancas, porém apenas Piranhas, Pão de Açúcar, Porto Real do Colégio, Igreja Nova e Penedo possuíam água potável, enquanto em Traipu e Piaçabuçu os feirantes utilizavam água do rio. Em todas as feiras, o mesmo recipiente de água (balde) era destinado à limpeza do pescado, utensílios e mãos. Essa condição dificulta a higienização dos manipuladores, utensílios e produto. Além disso, o compartilhamento de um único recipiente de água para o uso durante a comercialização do pescado é uma ação que possibilita a contaminação cruzada e, portanto permite risco à saúde do consumidor. A falta de organização e de higiene nas bancas de pescado foi observada em todos locais amostrados, inclusive os feirantes manipulavam o pescado e dinheiro ao mesmo tempo. A RDC n° 216 (BRASIL, 2004) preconiza que a higienização das mãos dos manipuladores deve ocorrer antes e após o início das atividades, depois da interrupção da manipulação e quando se julgar necessário.

Verificou-se que 15,8% das vias de acesso às feiras (Figura 10) são de solo de barro e 84,2% são pavimentadas, sem limitação de acesso, apenas com circulação de pessoas e alguns ciclistas. Existem apenas instalações elétricas em 57% das feiras (Piranhas, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu), porém com iluminação sem proteção, oferecendo risco de acúmulo de sujeira e quebras acidentais.

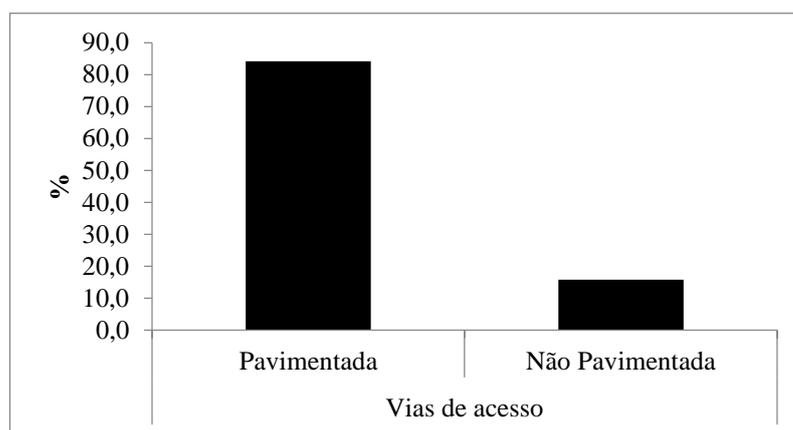


Figura 10 – Adequação das feiras livres as vias de acesso

Em relação à conduta pessoal, 100% dos feirantes mantinham as unhas aparadas, as mulheres mantinham os cabelos presos, e os homens cabelos curtos. O uso da vestimenta está apresentado na figura 11, e demonstra que 59% dos feirantes não usam nenhum equipamento de uso pessoal; apenas 16% usam avental (Figura 12); 5% usam apenas botas ou avental e

óculos, e 3% usam apenas boné ou avental e botas, ou avental e boné, ou avental, touca e óculos.

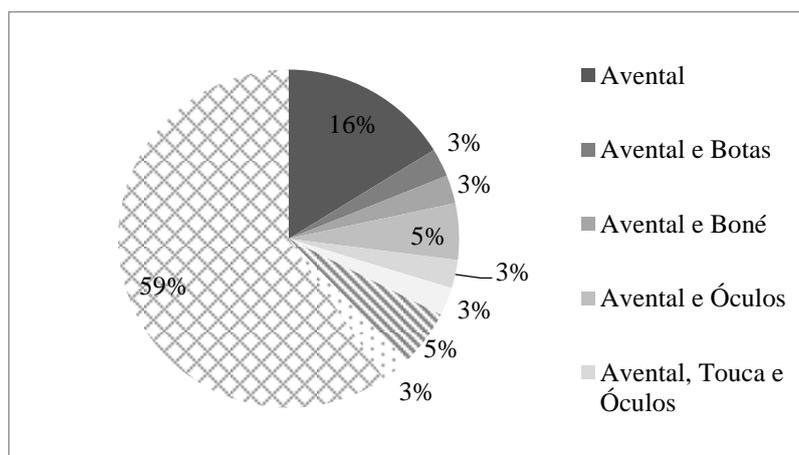


Figura 11 – Equipamentos de uso individual (EPI) utilizados pelos feirantes de pescados nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.



Fonte: Albuquerque (2019).

Figura 12 – Uso de avental pela feirante no Município de Penedo – AL.

Os feirantes adquirem o pescado de aquicultores ou pescadores da região de forma irregular, pois 39,5% são recebidos em sacos de nylon reaproveitados, em temperatura ambiente e toda a pesagem e separação são feitas no chão; 36,8% são recebidos frescos, ou

seja, acondicionados em gelo; 36,8% congelados e 13,2% salgados e secos (Figura 13). A Resolução da ANVISA RDC nº 216/2004, preconiza que a recepção da matéria prima deve ser realizada em área protegida e limpa (BRASIL, 2004). Já a Portaria da ANVISA SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997, determina que devam ser utilizados controles adequados para evitar a contaminação química, física ou microbiológica, ou por outras substâncias indesejáveis. Também, devem ser tomadas medidas de controle com relação à prevenção de possíveis danos, contribuindo para a proteção contra a contaminação das matérias primas e danos à saúde pública (BRASIL, 1997).

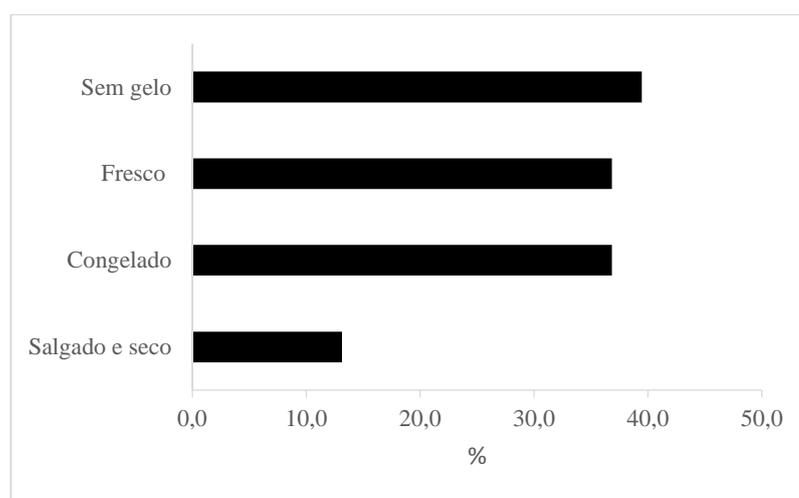
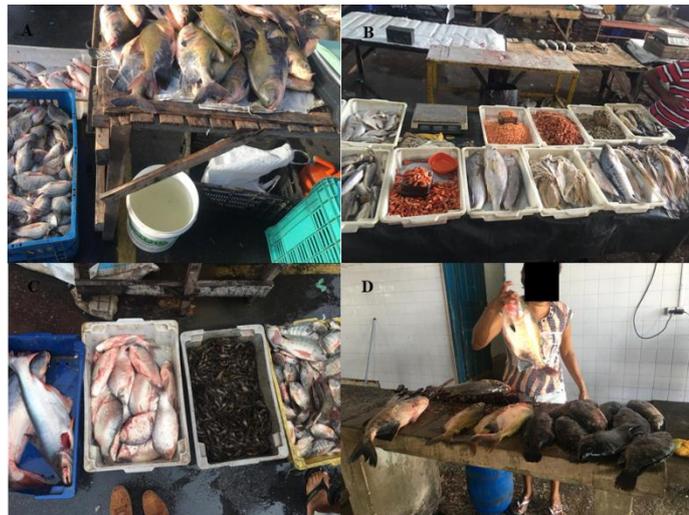


Figura 13 – Natureza do pescado recebido pelos feirantes nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.

Com relação aos equipamentos e utensílios, em nenhum dos pontos de comercialização utilizavam-se caixas isotérmicas novas, limpas e em bom estado de conservação. A figura 14 mostra como o pescado era comercializado nas feiras, 79% estavam expostos em mesas de madeira; às vezes cobertas por toalhas de plástico; 13% em caixas isotérmicas sem gelo; 3% em bandejas plásticas sem gelo; e 5% sobre superfícies não apropriadas como papelões (Figura 15), à temperatura ambiente, em média 23,6°C (Figura 16), sem conservação em gelo e sem proteção, estando sujeito ao contato com vetores, sujidades, manuseio dos consumidores, e outras possíveis fontes de contaminação. Durante a comercialização, 5,3% do pescado eram armazenados em bandejas plásticas sem gelo; e 47,4% em caixa isotérmica com e sem gelo, apenas 7,9% levavam o pescado para a sua residência ou para local de processamento, onde eram congelados a -20°C em freezer doméstico (Figura 17 e 18).



Fonte: Simões (2019).

Figura 14 – Pescados expostos à venda. A: Porto Real do Colégio - AL, B: Igreja Nova - AL, C: Pão de Açúcar - AL, D: Penedo – AL.

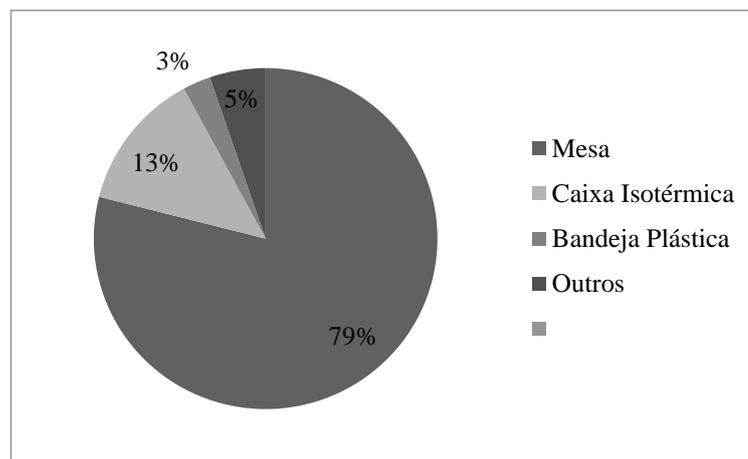


Figura 15 – Formas de exposição do pescado comercializado nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.



Fonte: Xavier Silva (2019).

Figura 16 – Mensuração da temperatura do pescado com termômetro infravermelho.

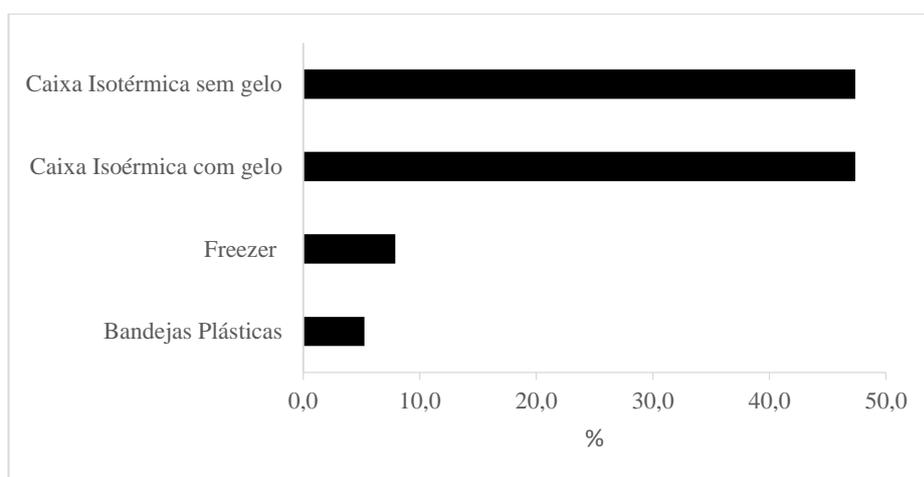


Figura 17 – Tipos de armazenamentos do pescado comercializado nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.



Fonte: Simões (2019).

Figura 18 – Armazenamento do pescado no Município de Piaçabuçu – AL.

O pescado *in natura* deve estar sempre acondicionado em caixas térmicas recoberto por gelo, de preferência em escamas, permanecendo assim, durante todo o tempo de exposição para venda, ou pode estar no interior de expositores refrigerados, acondicionados em recipientes plásticos de fácil limpeza e higienização. A Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997 (BRASIL, 1997), determina que todo o equipamento e utensílio utilizado nos locais de manipulação de alimentos devem ser confeccionados de material que não transmitam substâncias tóxicas, odores e sabores, que sejam não absorventes e resistentes à corrosão, e capaz de resistir a repetidas operações de limpeza e desinfecção. As superfícies devem ser lisas e isentas de rugosidade e frestas e outras imperfeições que possam comprometer a higiene dos alimentos e sejam fontes de contaminação.

As espécies de pescado mais comercializadas nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova Penedo e Piaçabuçu – AL são demonstradas na tabela 1:

Tabela 1 - Preço médio (R\$) e espécies (nomes vulgares) comercializadas nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.

PIRANHAS		PÃO DE AÇÚCAR		TRAIPU		PORTO REAL DO COLÉGIO		IGREJA NOVA		PENEDO		PIAÇABUÇU	
Pescado	R\$ /kg	Pescado	R\$ /kg	Pescado	R\$ /kg	Pescado	R\$ /kg	Pescado	R\$/kg	Pescado	R\$ /kg	Pescado	R\$ /kg
Acará	5,00	Acará	10,00	Bagre	15,00	Corvina	14,00	Camarão de rio - salgado e	30,00	Tambaqui	8,00	Corvina	10,00

seco													
Camarão de rio - salgado e seco	30,00	Camarão de rio - salgado e seco	30,00	Cari	8,00	Curimatã	12,00	Cavalinha	12,00	Tilápia	10,00	Filé de camarão espigão	20,00
Camarão de água doce <i>in natura</i>	10,00	Corvina	13,00	Tambaqui	7,00	Panga	12,00	Corvina	14,00	-	-	Filé de camarão rosa	45,00
Cascudo	10,00	Curimatã	16,00	Tambaqui	9,00	Pescada	10,00	Curimatã	15,00	-	-	Pescada	10,00
Corvina	8,00	Pacu	5,00	Tilápia	9,00	Piau	9,00	Curimatã salgada e seca	16,00	-	-	-	-
Piau	8,00	Piau	10,00	-	-	Piaba	10,00	Manjuba	4,00	-	-	-	-
Pirambéba	9,00	Piranha	4,00	-	-	Piranha	9,00	Merluza	15,00	-	-	-	-
Tilápia	11,00	Tilápia	10,00	-	-	Tambaqui	8,00	Piau	10,00	-	-	-	-
Tucunaré	9,00	Traíra	10,00	-	-	Tambaqui	8,00	Sardinha	8,00	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	Tilápia	9,00	Tambaqui	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	Tucunaré	9,00	Tilápia	10,00	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	Traíra	8,00	-	-	-	-

Entre as espécies de peixes mais valorizadas destaca-se a curimatã (*Prochilodus argenteus*), a corvina (*Micropogonias furnier*), a tilápia (*Oreochromis niloticus*), o piau (*Leporinus sp.*), o tucunaré (*Cichla ocellaris*), e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) com uma média de preço de R\$14,33; R\$11,80; R\$9,60; R\$9,25; R\$9,00; e R\$8,25 respectivamente. Em Piaçabuçu, se comercializa em maior quantidade o filé de camarão espigão (*Xiphopenaeus kroyeri*) e do rosa (*Farfantepenaeus sp*) com valores de R\$20,00 e R\$45,00, respectivamente. Apenas em Porto Real do Colégio vende-se panga (*Pangasius sp.*) com preço de R\$12,00. Em Piranhas, Pão de Açúcar e Igreja Nova vende-se camarão de rio (*Macrobrachium sp.*) salgado e seco com preço médio de R\$30,00, e este último município também é o único que comercializa curimatã salgada e seca por R\$16,00 e merluza (*Merluccius sp.*) por R\$12,00. As espécies menos valorizadas são o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e a manjuba (*Anchoviella sp.*), comercializadas por R\$5,00 e R\$4,00, respectivamente. De todas as espécies, a tilápia, o tambaqui e a curimatã são as que representaram o maior quantitativo semanal de vendas, com média de 356,66 kg, 272,50 kg e 70 kg vendidos por semana, respectivamente.

Quanto ao tipo de beneficiamento realizado na comercialização do pescado, 34% eram eviscerados e cortados em posta; 26% eram processados em filé, 5% salgado e seco; e apenas 1% permanecia inteiro, porém descamados (Figura 19). O peixe era manipulado na maioria das vezes em mesas de madeira, cortados com facas e facões, e cepos (apoio em madeira para o processamento do pescado) (Figura 20), as escamas eram retiradas com descamadores, todos os feirantes embalavam o produto em sacos plásticos. Fatores como tempo de armazenagem; temperatura imprópria, manipulação e processamento com higiene inadequada, podem favorecer a proliferação de microrganismos. Esses fatores podem estar presentes em toda a cadeia de produtiva desde a captura ou despesca, passando pelo processamento e comercialização, até a mesa do consumidor, tornando-o um risco para a saúde.

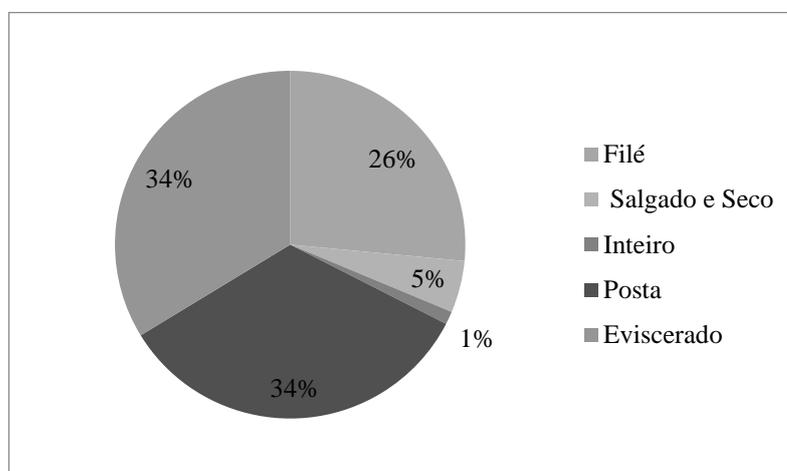


Figura 19 – Formas de beneficiamento do pescado nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL.



Fonte: Simões (2019).

Figura 20 – Cepo (apoio em madeira para o processamento do pescado).

O esquema do Método do Índice de Qualidade (MIQ) desenvolvido para o peixe e camarão inteiro obteve uma soma total dos pontos no valor 22 e 10, respectivamente, descrevendo atributos de aspectos gerais, olhos, e brânquias para peixes; e aroma, cor, melanose, aderência da carapaça e aderência ao corpo para camarão. A soma total dos escores do MIQ originou o Índice de Qualidade (IQ), em que o valor zero, ou próximo à zero, representa o pescado recém-capturado/despescado, ou seja, de melhor qualidade sensorial quanto ao frescor. Pressupõe-se no MIQ que os escores para todos os atributos de qualidade aumentem com o tempo de estocagem (dias) em gelo, porém, neste caso, o MIQ foi pontuado unicamente em cada feira, e com o pescado exposto a temperatura ambiente. Os valores médios encontrados do MIQ do peixe e do camarão foram 4,31 e 4,54, respectivamente (tabela 2 e 3), estes resultados indicam que o pescado já não se encontrava com as características organolépticas de pescado fresco, porém estava dentro do limite de índices de qualidade aceitáveis para o consumo humano, com variação de 0 a 6 para camarão inteiro (OLIVEIRA et al., 2009) e de 0 a 8 para peixe (TEIXEIRA et al., 2009).

Tabela 2 – Valores médios para os atributos de qualidade avaliados pelo esquema do MIQ para peixe inteiro exposto a temperatura ambiente.

Atributos	Escore	Pontuação (média das feiras)
Aspectos gerais	Aspecto superficial	0,03
	Muco	0,28
	Rigidez	0,69
	Firmeza da pele	0,59
	Escama	0,69
	Transparência	0,03
Olhos	Pupila	0,37
	Forma	0,27
	Cor	0,34

Brânquias	Forma	0-2	0,21
	Odor	0-2	0,86
Índice de Qualidade		0-22	4,31

Tabela 3 – Valores médios para os atributos de qualidade avaliados pelo esquema do MIQ para camarão inteiro exposto a temperatura ambiente.

Atributos	Escore	Pontuação (média das feiras)
Aroma	0-3	0,98
Cor	0-1	0,76
Melanose	0-2	0,8
Aderência da carapaça	0-2	1,0
Aderência da cabeça ao corpo	0-2	1,0
Índice de qualidade	0-10	4,54

Após o beneficiamento do pescado, os resíduos eram descartados no chão, facilitando a atração de pragas como insetos e roedores, vetores de enfermidades, ou de animais domésticos que circulam livremente entre feirantes e consumidores. Ao final, as bancas eram lavadas apenas com água, os resíduos eram varridos do chão e depositados em cestos de lixo sem tampa, para serem recolhidos pela equipe de coleta de lixo dos municípios, seguido de lavagem das vias por carros pipas. A Portaria SVS/MS nº 326 (1997) preconiza a remoção das sujidades, todas as vezes que sejam necessárias, no mínimo uma vez por dia, e os recipientes utilizados para o seu armazenamento que tenham entrado em contato com os lixos devem ser limpos e desinfetados. Apesar de nenhum feirante nunca ter participado de curso de capacitação sobre boas práticas de higiene, manipulação e beneficiamento do pescado, todos demonstraram interesse.

## CONCLUSÕES

Os aspectos higiênico-sanitários observados nas feiras livres e mercados que comercializam pescado fresco nos Municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piaçabuçu – AL indica que, os produtos comercializados podem ofertar risco à saúde do consumidor, pois apresentam condições impróprias e desconformes com alguns padrões para manipulação de alimentos. Desta forma é

imprescindível a utilização das boas práticas de manipulação, principalmente no que diz respeito a uma administração que vistorie a organização das feiras/mercados e ao cumprimento às normas sanitárias.

O método de índice de qualidade (MIQ) demonstrou que o pescado estava dentro do limite de índices de qualidade aceitáveis para o consumo humano, entretanto, é necessárias análises físico-químicas e microbiológicas para um completo diagnóstico sobre qualidade do pescado comercializado nestas feiras livres.

## **SUGESTÕES**

Para a afirmação da qualidade das mercadorias comercializadas nas feiras livres, recomenda-se uma modificação completa da infraestrutura da feira, adaptando as instalações às condições higiênico-sanitárias como prevê a legislação brasileira; regulação do vestuário dos manipuladores de alimentos; uso obrigatório de EPI; emprego de utensílios e equipamentos conforme as normas técnicas; controle severo de resíduos, vetores e pragas; realização de cursos de capacitação que abordem o manuseio higiênico-sanitário e beneficiamento de pescados, e fiscalização efetiva por parte da vigilância sanitária.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989. Inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Diário Oficial da União; Brasília de 29 de março de 2017.

BRASIL. Portaria nº. 368, de 04 de setembro de 1997 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 8 de setembro de 1997.

BRASIL. Portaria Nº326, 30 de julho de 1997 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtor e/industrializador de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 14 de janeiro de 2019.

BRASIL. Portaria Nº185, de 13 de maio de 1997 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco. Diário Oficial da União, Brasília, 19 de maio de 1997.

BRASIL. Resolução-RDC n. 275, de 21 de outubro de 2002 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de outubro 2002.

BRASIL. Resolução-RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da União; Brasília de 16 de setembro de 2004.

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.

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.

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, V. M.; FREITAS, M. Q.; SÉRGIO; CLEMENTE, C. S; MÁRSICO, E. T.. Método do índice de qualidade (MIQ) desenvolvido para camarão (*Litopenaeus vannamei*) CULTIVADO. Rev. de Ciên. da Vida, RJ, EDUR. v. 29, n. 1, jan-jun, p. 60-71, 2009.

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.

TEIXEIRA, M.S.; BORGES, A.; FRANCO, R.M.; SAO CLEMENTE, S.C.; FREITAS, M.Q. Método de índice de qualidade (QIM): desenvolvimento de um protocolo sensorial para corvina (*Micropogonias furnieri*). **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Niterói, v.16, n.2, p.83-88, 2009.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1 - Questionário Socioeconômico**

<b>INSTITUIÇÃO</b>	UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UNIDADE EDUCACIONAL PENEDO
<b>CURSO</b>	ENGENHARIA DE PESCA
<b>PESQUISA</b>	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE HIGIÊNICO-SANITÁRIO DO PESCADO COMERCIALIZADO NAS FEIRAS LIVRES DE
<b>ALUNO</b>	TEREZA IRACEMA REYS SIMÕES E JHENNIPHER DA SILVA PEREIRA

**QUESTIONÁRIO ANALÍTICO**

LOCAL: \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**PERFIL SOCIOECONÔMICO**

GÊNERO: \_\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_  
 ESCOLARIDADE: \_\_\_\_\_  
 ESTADO CIVIL: \_\_\_\_\_  
 MOTIVOS PARA INICIAR A ATIVIDADE: ( ) FALTA DE  
 OPÇÃO ( ) INFLUÊNCIA DOS PAIS ( ) MUDANÇA ( )  
 OUTROS: \_\_\_\_\_  
 POSSUI OUTRA FONTE DE RENDA? ( ) SIM ( ) NÃO  
 ( ) APOSENTADORIA ( ) VENDAS ( ) PESCA ( ) SEGURO  
 DEFESO ( ) PROCESSAMENTO DE PESCADO ( ) ( ) OUTROS  
 SERVIÇOS  
 TEMPO DE SERVIÇO: \_\_\_\_\_ RENDA MENSAL: \_\_\_\_\_  
 Nº DE DEPENDENTES \_\_\_\_\_  
 PROGRAMA SOCIAL: ( ) SIM ( ) NÃO \_\_\_\_\_

**ASPECTOS GERAIS HIGIÊNICO-SANITÁRIOS**

**1- FORMA DE AQUISIÇÃO DA MATÉRIA PRIMA?**  
 ( ) FRESCO ( ) RESPRIADO ( ) CONGELADO ( ) OUTROS  
 DESCREVER: \_\_\_\_\_

**2- POSSUI LOCAL ADEQUADO PARA A  
 COMERCIALIZAÇÃO DO PESCADO?**  
 ( ) SIM ( ) NÃO  
 DESCREVER: \_\_\_\_\_

**3- EXISTE A REMOÇÃO DOS RESÍDUOS?**  
 ( ) SIM ( ) NÃO  
 DESCREVER: \_\_\_\_\_

**4-EXPOSIÇÃO DO PESCADO:**  
 ( ) CAIXA ISOTÉRMICA ( ) MESAS DAS BANCAS ( )  
 BANDEJAS ( ) OUTROS: \_\_\_\_\_

**5- COMO É ARMAZENAMENTO DO PESCADO?**  
 ( ) CAIXA TÉRMICA COM GELO ( ) FREEZER ( ) NÃO  
 TEM

**6- SOBRE LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÕES:**  
 VIAS DE ACESSO: ( ) SIM ( ) NÃO  
 ILUMINAÇÃO: ( ) SIM ( ) NÃO  
 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS: ( ) SIM ( ) NÃO

**7- EXISTE ABASTECIMENTO DE ÁGUA?**  
 ( ) SIM ( ) NÃO

**8- QUAIS OS MATERIAIS/UTENSÍLIOS UTILIZADOS?**  
 ( ) FACA ( ) DESCAMADOR ( ) TESOURA  
 ( ) FACÃO ( ) AMOLADOR DE FACA ( ) OUTROS

**9- HÁ LIMPEZA E DESINFECÇÃO DOS UTENSÍLIOS?**  
 ( ) SIM ( ) NÃO  
 ( ) DETERGENTE ( ) SABÃO EM PÓ ( ) ÁGUA E SABÃO ( )  
 OUTROS  
 DESCREVER: \_\_\_\_\_

**10- PARTICIPOU DE CURSO DE CAPACITAÇÃO EM  
 BOAS PRÁTICAS DE HIGIENE, MANIPULAÇÃO E  
 BENEFICIAMENTO DO PESCADO?**  
 ( ) SIM ( ) NÃO

**11 TEM INTERESSE EM FAZER CURSO DE  
 CAPACITAÇÃO EM BOAS PRÁTICAS DE HIGIENE,  
 MANIPULAÇÃO E BENEFICIAMENTO DO PESCADO?**  
 ( ) SIM ( ) NÃO

**12- MÉTODOS DE BENEFICIAMENTO DO PESCADO  
 PRATICADOS:**  
 ( ) EVISCERAÇÃO ( ) CORTES ( ) SALGADO E SECO ( )  
 DEFUMADO ( ) OUTROS  
 DESCREVE: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**13- CONDUTA PESSOAL?**  
 ( ) HIGIENE PESSOAL ( ) UNHAS PARADAS E LIMPAS ( )  
 CABELOS CURTOS OU PRESOS  
 DESCREVER: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**14- UTILIZAÇÃO DE EPI'S?**  
 ( ) LUVA ( ) AVENTAL ( ) TOUCA ( ) OUTROS

**ASPECTOS GERAIS SOBRE A COMERCIALIZAÇÃO**

**15- ESPÉCIES COMERCIALIZADAS E PREÇOS POR Kg?**  
 ( ) ACARA ( ) PACAMÃ ( ) CABOGE ( ) PIABA ( )  
 CASCUDO ( ) PIAU ( ) CORVINA ( ) PIRANHA ( )  
 JURIMATÃ ( ) SURUBIM  
 ( ) CAMARÃO ( ) TAMBAQUI ( ) MATRINXÃ ( )  
 TILÁPIA ( ) MANDI ( ) TUCUNARÉ ( ) SURURU  
 ( ) OUTROS: \_\_\_\_\_

VALOR R\$: \_\_\_\_\_

MÉDIA DE VENDA SEMANAL: R\$/Kg \_\_\_\_\_

**16. TEMPERATURA DO PESCADO (T °C):**  
 T °C EXTERNA: \_\_\_\_\_ T °C INTERNA: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**17- QUAIS FORMAS DE BENEFICIAMENTO?**  
 ( ) POSTA ( ) EVISCERADO ( ) FILÉ ( ) PROCESSADO ( )  
 NÃO HÁ

**18- FORMAS DE EXPOSIÇÃO DO PESCADO?**  
 ( ) EXPOSTO NA BANCA  
 ( ) CAIXA ISOTÉRMICA  
 ( ) OUTROS  
 DESCREVER: \_\_\_\_\_

**Anexo 2 - Protocolo de avaliação sensorial para peixes – Método de índice de qualidade (MIQ)**

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO SENSORIAL PARA PEIXES			
MÉTODOS DE ÍNDICE DE QUALIDADE (MIQ)			
PONTO DE COLETA:		DATA DE COLETA: / /	
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS		PONTUAÇÃO
ASPECTOS GERAIS	ASPECTO SUPERFICIAL	PIGMENTAÇÃO VIVA, CORES VIVAS	0 ( )
		PERDA DE BRILHO, CORES OPACAS	1 ( )
		SEM BRILHO, CORES DESVANECIDAS	2 ( )
	MUCO	CLARO, NÃO COAGULADO	0 ( )
		LEITOSO, COAGULADO	1 ( )
		AMARELADO E COAGULADO	2 ( )
	RIGIDEZ	TENSO	0 ( )
		FLEXÍVEL	1 ( )
		MOLE	2 ( )
	FIRMEZA DA PELE	MUITO RÍGIDA E FIRME	0 ( )
		LIGEIRAMENTE MOLE	1 ( )
		MOLE	2 ( )
	ESCAMA	ADERIDA	0 ( )
		PERDA DE ESCAMA	2 ( )
OLHOS	TRANSPARÊNCIA (GLOBO OCULAR)	LÍMPIDO	0 ( )
		LIGEIRAMENTO OPACO	1 ( )
		LEITOSO/OPACO	2 ( )
	PUPILA	PRETA AZULADA, BEM DELINEADA	0 ( )
		ENEVOADA, AINDA COM DELINEAMENTO	1 ( )
		ENEVOADO, SEM DELINEAMENTO	2 ( )
	FORMA	PROTUBERANTE / CONVEXA	0 ( )
		ACHATADA/PLANA	1 ( )
		CÔNCAVA/AFUNDADA	2 ( )
	BRÂNKIAS	COR	VERMELHO VIVO A PÚRPURA
MENOS VIVA, PALIDA NOS BORDOS			1 ( )
DESCORADA			2 ( )
FORMA		INTEGRA	0 ( )
		LIGEIRAMENTE DISFORME	1 ( )
		DISFORME	2 ( )
ODOR		ALGAS	0 ( )
		NEUTRO, ALGA MENOS INTENSA	1 ( )
		LIGEIRAMENTE ACRE OU RANÇOSO	2 ( )
TOTAL DE ESCORES ( PONTOS )			

**Anexo 3 - Protocolo de avaliação sensorial para Crustáceos – Método de índice de qualidade (MIQ)**

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO SENSORIAL PARA CRUSTÁCEOS		
MÉTODOS DE ÍNDICE DE QUALIDADE (MIQ)		
PONTO DE COLETA:		DATA DE COLETA: / /
PARÂMETRO	CARACTERÍSTICAS	PONTUAÇÃO
AROMA	FRESCO, SUAVE DE ALGA MARINHA	0 ( )
	FRACO, LEMBRANDO MAR (MARESIÁ)	1 ( )
	AMONÍACAL FRACO	2 ( )
	AMONÍACAL FORTE PUTRIDO	3 ( )
COR	ACINZENTADA COM PONTOS ESCUROS E BEM DEFINIDOS	0 ( )
	CINZA AMARELADOS COM PONTOS ESCUROS POUCO DEFINIDOS	1 ( )
MELANOSE	AUSÊNCIA DE MELANOSE	0 ( )
	PRESENÇA DE ALGUMA MELANOSE NA CABEÇA	1 ( )
	PRESENÇA DE MUITA MELANOSE NA CABEÇA E CORPO	2 ( )
ADERÊNCIA DA CARAPAÇA	FORTEMENTE ADERIDA	0 ( )
	ADERENCIA MÉDIA	1 ( )
	ADERENCIA FRACA	2 ( )
ADERÊNCIA DA CABEÇA AO CORPO	FORTEMENTE ADERIDA	0 ( )
	ADERENCIA MÉDIA	1 ( )
	ADERENCIA FRACA	2 ( )
TOTAL DE ESCORES ( PONTOS )		



## PERCEPÇÃO DOS PESCADORES SOBRE AS MUDANÇAS NO BAIXO RIO SÃO FRANCISCO

Jucilene Cavali<sup>1</sup>; Alfredo Leandro Borie Mojica<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Rondônia, UNIR. [jcavali@unir.br](mailto:jcavali@unir.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas, Brasil.

### RESUMO

O objetivo com este estudo foi avaliar a percepção ambiental, socioeconômica e cultural dos pescadores frente às mudanças ambientais no litoral Sul do Rio São Francisco. A pesquisa foi desenvolvida por meio de entrevistas semiestruturadas com pescadores de 7 municípios e povoados sediados às margens do Rio São Francisco, no trecho de Piranhas à Foz do Rio São Francisco, aplicadas durante a II Expedição Científica embarcada do Rio São Francisco. Na percepção dos pescadores as mudanças ambientais são consequências da redução da vazão de água do Rio São Francisco progressiva nos últimos 12 anos, o que culmina em mudanças na quantidade e diversidade de espécies de peixes, no aumento de croas, ilhas, águas rasas, paradas e quentes; diversidade e aumento de macroalgas e parasitos. Percepção qualitativa da água são percebidos pelos pescadores na cidade de Piaçabuçu devido ao avanço da cunha salina marítima sobre o Rio. Na percepção dos pescadores além do desaparecimento de algumas espécies importantes e dominância de espécies invasoras mais agressivas, ocorreram mudanças no tamanho dos peixes e tempo a maturidade ou idade reprodutiva mas não perceberam mudanças sensoriais e nos rendimentos de cortes. No âmbito econômico famílias de pescadores que consumiam 5 a 8 kg/dia, pescavam 50 a 70kg/dia e comercializavam até R\$ 800 a 1000,00 por semana; hoje sobrevivem com eventuais R\$ 250,00 a 300,00 por mês e outras fontes de recurso além rio. Os pescadores destacam ações importantes para a sobrevivência do Rio como o repovoamento, a fiscalização da sobrepesca e apetrechos agressivos especialmente à captura de matrizes, descarte de dejetos. Sugerem projetos socioambientais e/ou econômicos de cunho contributivo advindo dos próprios pescadores através das colônias como os de repovoamento,

fiscalização e educação ambiental; e aqueles relacionados as mudanças e expansão do período de defeso

## **INTRODUÇÃO**

O Rio São Francisco, opará ou Grande Rio como é chamado, abrange 639.920 km<sup>2</sup> de área de drenagem, cerca de 8% da área do território nacional, distribuindo-se por 507 municípios de sete Unidades da Federação (UFs): estados de Alagoas, da Bahia, de Goiás, de Minas Gerais, de Pernambuco e de Sergipe, bem como o Distrito Federal. O rio São Francisco tem 2.700 km de extensão e nasce na Serra da Canastra, em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte pela Bahia e por Pernambuco, quando altera seu curso para Leste, chegando ao oceano Atlântico por meio da divisa entre Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2017).

O Baixo São Francisco: de Paulo Afonso até sua foz (32.013km<sup>2</sup> – 5,1% da região) é habitado por cerca de 16,14 milhões de pessoas (9,5% da população do país) maior concentração de habitantes está no Alto (56%) e no Médio São Francisco (24%). Ao longo do seu processo de ocupação, o rio São Francisco foi e é utilizado para múltiplos aproveitamentos, como a navegação, irrigação, mineração e pesca (CASTRO; PEREIRA, 2017). O Velho Chico possui oito usinas hidroelétricas listadas na ordem cascata do alto até o baixo São Francisco: Três Marias, Sobradinho, Itaparica, Moxotó, complexo de Paulo Afonso e Xingó. Esta última, a UHE Xingó (1994) possui uma superfície aproximada de 60 km<sup>2</sup> e uma capacidade de armazenamento de 3,8 bilhões de m<sup>3</sup> de água, considerado o 5º maior canyon navegável do mundo.

O Baixo São Francisco possui cerca de 19.000 pescadores artesanais profissionais cadastrados, locados em 19 colônias e 1 associação de pescadores. A colônia que apresentou maior número de associados foi a de Piaçabuçu, Z-19 (3.980 pescadores associados), seguida pelas colônias de Neópolis, Z-7 (3.140) e Penedo, Z-12 (2.500). Os pescadores do Baixo São Francisco trabalham, em média, 4 dias por semana, 8 horas por dia, apresentando jornada de trabalho similar aos trabalhadores formais (8 horas/dia). A renda média mensal estimada entre os pescadores dos municípios estudados foi de R\$ 225,00 (US\$ 59.24). Porém, 33,3% obtém uma renda de apenas R\$100,00 a R\$200,00/mês na pesca e 81% a carteira da colônia de pescadores.

Mudanças ambientais e socioeconômicas são notórias com a instalação das Usinas hidroelétricas de Sobradinho e Xingó. Mudanças ambientais como os impactos na produção pesqueira, a poluição, falta de saneamento básico, assoreamento e conseqüentemente

socioeconômicas vem se instaurando às comunidades ribeirinhas que dependem diretamente da pesca para a alimentação e do Rio São Francisco para diversas outras atividades.

O objetivo deste estudo foi conhecer os impactos das mudanças ambientais e socioeconômicas percebidas pelos pescadores do baixo do Rio São Francisco a fim de relacionar as demais informações de análises da água, peixes e sedimentos realizados durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa foi desenvolvida por meio de entrevistas semiestruturadas com 33 pescadores de colônias dos municípios de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú, Propiá, Neópolis, Penedo, Piaçabuçu, sediados nas margens do Rio São Francisco no trecho de Piranhas à Foz do Rio São Francisco no Pontal do Peba, aplicadas durante a II Expedição Científica embarcada do Rio São Francisco.

Esse estudo baseou-se na pesquisa qualitativa. Afim de identificar pescadores diretamente envolvidos com o conhecimento diário e prático do que se deseja investigar. Selecionou-se pescadores com vivências, experiências e contato diário com o rio São Francisco, priorizando residentes locais de cada município. Utilizou-se o método do estudo de caso, a fim de expor o processo investigado e os resultados decorrentes dessa investigação. Segundo Yin (2001), o estudo de caso tem caráter empírico e investiga um fenômeno atual dentro de um contexto da vida real, para isso utilizou-se como instrumento de pesquisa a técnica de entrevistas.

O questionário semiestruturado abordou temas relativos aos dados da pesca quanto a diversidade e produção, a qualidade da água e do pescado, a presença de parasitos e macrófitas e as principais percepções ambientais às mudanças do Velho Chico, assim como sugestões de proposta socioambiental e/ou econômica de cunho contributivo advindo dos próprios pescadores através das colônias.

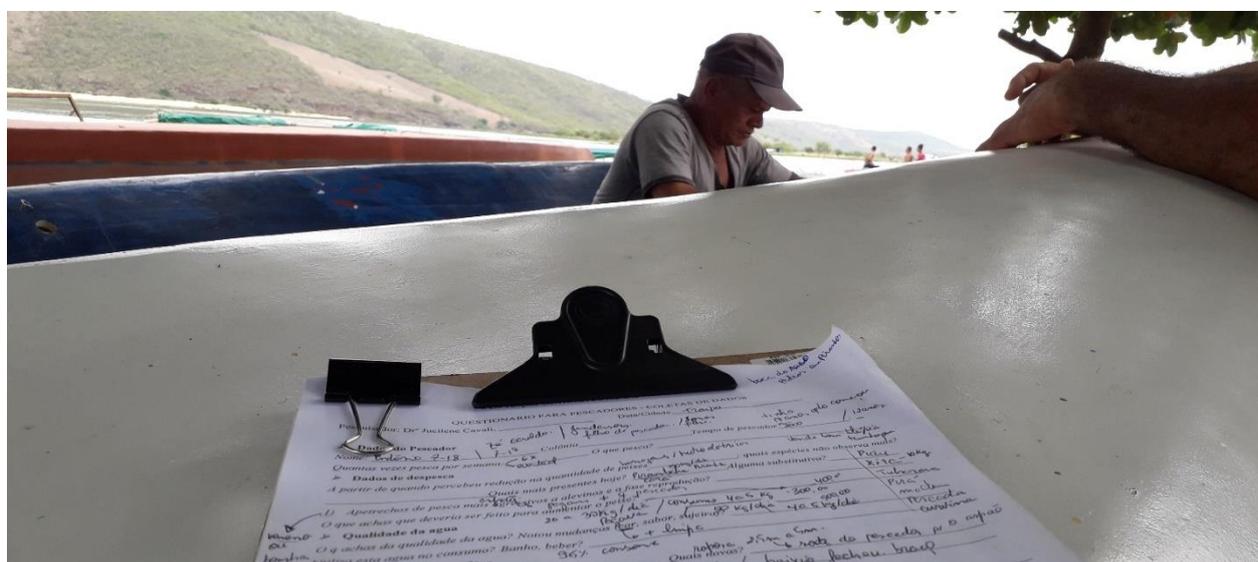
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os pescadores possuem em média 32 anos na atividade, de 8 a 45 anos, 66% são cadastrados pelas colônias de pescadores entre os anos de 2004 a 2006, regulamentados na profissão da pesca de subsistência e estando como pescadores ativos nos últimos 15 anos, os quais pescam na frequência de 3 a 5 vezes por semana (Tabela 1)

**Tabela 1.** Síntese do perfil dos entrevistados por Município no Baixo do Rio São Francisco

Localidades	Pescador 'n'	Tempo de pesca	Tempo de Carteira	Colônia	Veze em que pescam/semana
Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú, Penedo, Neópolis, Piaçabuçu	33	32,4 ± 12,8	27,7 ± 8,2	Z-12, Z-17, Z-18, Z-19, Z-20, Z-30	3,6 ± 1,0

Fonte: elaborado pelos autores.



**Figura 1.** Entrevistas com Pescadores do Baixo do Rio São Francisco. Foto Cavali, 2019

**Percepção de mudanças na produção e diversidade pesqueira**

Aos dados da pesca foi relatado a redução considerável da quantidade e diversidade de espécies de peixes. Na percepção dos pescadores a redução do pescado no Baixo do Rio São Francisco vem ocorrendo gradativamente nos últimos 12 anos, com variação de 1,5 anos entre as respostas obtidas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Percepção dos pescadores quanto as mudanças na produção e diversidade de espécies nos municípios do baixo do Rio São Francisco

Municípios	Piranhas	Pão de Açúcar	Traipú	Penedo	Neópolis	Piaçabuçu
Tempo de	12,1 ± 1,2	12,0 ± 1,7	12,2 ± 1,4	12,5 ± 1,7	10,7 ± 2,1	11,2 ± 1,5

---

redução do  
pescado

Pescador 'n'            5                    6                    8                    7                    3                    4

---

Elaboração dos autores, 2020

É unânime a percepção dos pescadores de que a UHE Xingó, última Usina a ser inaugurada, foi o de derradeiro impacto sobre o volume de águas do Baixo do São Francisco e consequentemente sobre a reprodução dos peixes. A percepção dos pescadores quanto a redução do pescado corrobora com os relatos do período residual de presença de peixes de 5 a 6 anos (n=21) após uma boa cheia, a exemplo da última grande cheia que ocorreu em 2005, com 9.500m<sup>3</sup> liberados; e posteriormente, em 2009 com a abertura de 1 comporta da UHE Xingó por alguns dias.

Segundo Pereira (2020) a descarga fluvial para o Baixo São Francisco de 3.533 m<sup>3</sup>/s passou a ser regulada a 2.060 m/s pela UHE Xingó entre 1995 e 2001; foi significativamente menor após resolução N° 442/2013 com redução a 1.100 m<sup>3</sup>/s da vazão à jusante das barragens de Sobradinho e de Xingó, e a 800 m<sup>3</sup>/s em 2015, até chegar ao limite de 550 m<sup>3</sup>/s em 2017; uma redução de 62,9% da descarga fluvial para o estuário do rio São Francisco. Hoje a UHE trabalha com 2 turbinas com média de 800m<sup>3</sup>.dia.

Os relatos deste estudo descrevem a última cheia do Rio, proporcionando águas turbidas e lagos de desovas pois os peixes demandam o início das chuvas fortes que mexe com as águas e que proporciona maior profundidade em coluna d'água oportunizando áreas alagadas para a formação dos ninhos. Destacam que nas condições da última cheia natural em 1992 observou-se claramente o aumento dos peixes mandi, surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) e tubarana e relatam a redução considerável destas espécies a partir de 2002.

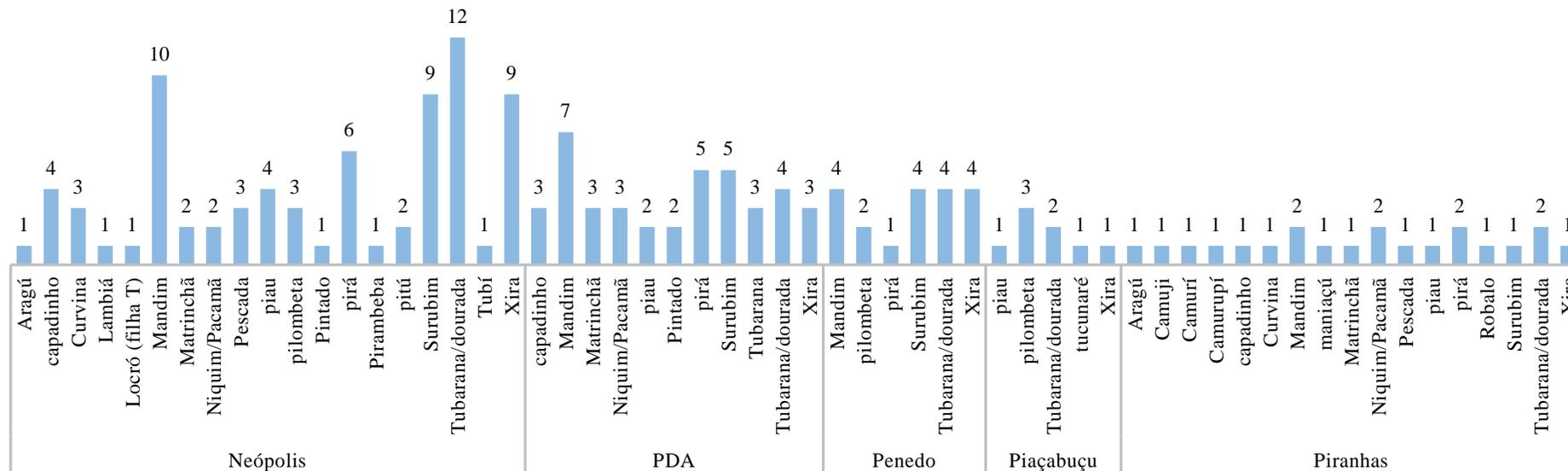




**Figura 2.** Usina hidroelétrica de Xingó, Rio São Francisco (a, b). Fotos Cavali, 2019

Medeiros et al (2011) já ressaltavam as grandes alterações nas condições naturais oriundas da atividade de geração de energia hidroelétrica do Submédio e Baixo São Francisco em função do resultado do manejo integrado do sistema de barragens, sendo a barragem de Sobradinho a principal controladora da capacidade limite de vazão da água. Avaliando as séries de vazões entre 1936 a 2000 na região de Traipú, os autores destacam a não influência dos eventos climáticos na variabilidade sazonal das vazões eliminadas após 2001 e a perda na pulsação sazonal e interanual, variações estas que somente ocorre em eventos climáticos extremos de elevadas precipitações, os quais superam a capacidade de retenção das barragens. Também ocorre em eventos de secas, quando o gerenciamento da vazão tende ainda ser mais intenso, visando maximizar a produção de energia hidroelétrica. Concomitantemente a alterações dos padrões naturais de vazão, ocorreu diminuição do aporte de nutrientes e sedimentos em suspensão a região costeira. Culminando naturalmente para as condições oligotróficas da região costeira adjacente.

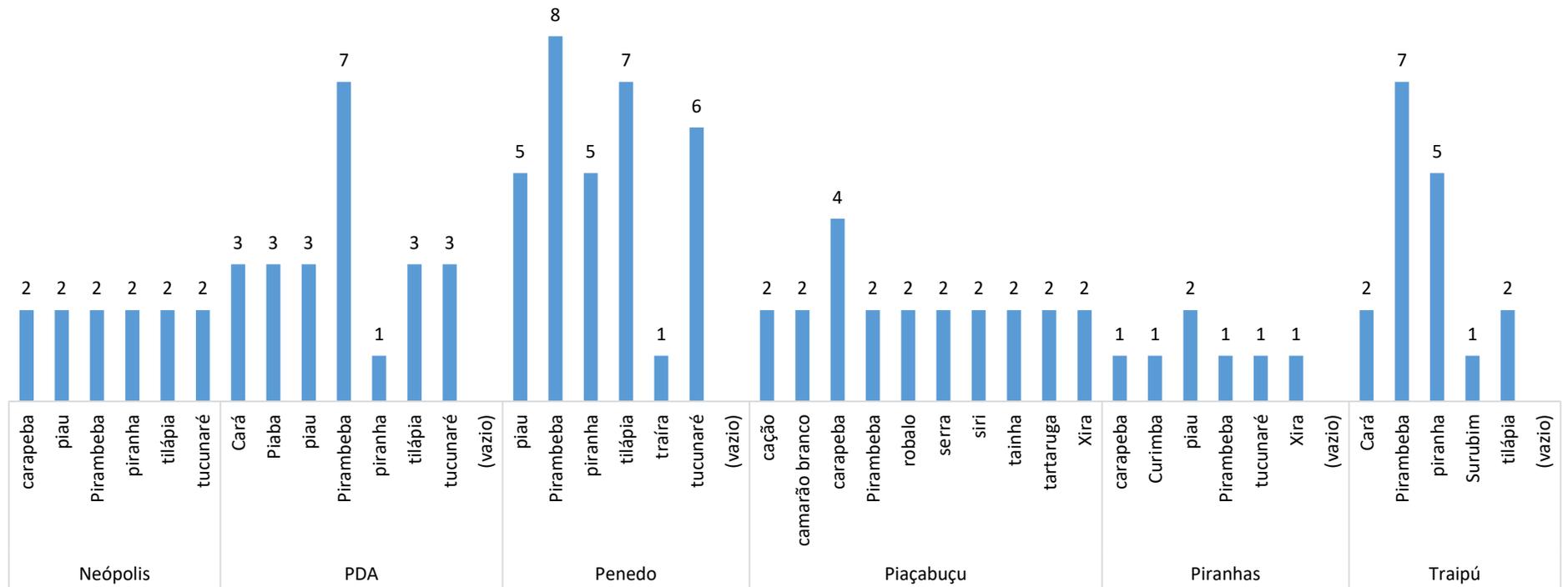
A percepção pelos pescadores quanto a diversidade de espécies que desapareceram (Gráfico 1) e tornaram-se mais frequentes (Gráfico 2) variou entre os municípios ao longo do baixo do Rio São Francisco.



**Grafico 1.** Percepção dos pescadores quanto as espécies que desapareceram nos últimos cinco anos com as mudanças ambientais nos municípios do baixo do Rio São Francisco.



**Figura 3.** Exemplos de peixes capturados no Baixo Rio São Francisco comercializados nas feiras. Fotos Cavali, 2019



**Grafico 2.** Percepção dos pescadores quanto as espécies mais frequentes e que apareceram nos últimos cinco anos com as mudanças ambientais nos municípios do baixo do Rio São Francisco.

Ao longo do Rio São Francisco, dos municípios de Traipú a Penedo, observa-se o aumento das espécies pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) e tucunaré em detrimento a redução de Mandi e Camurí (chegava-se a pescar 25kg/dia) e desaparecimento das espécies Tubarana (*Salminus hilarii*), Pilombeta e Xira (*Prochilodus argenteus*) das quais pescava-se 200 a 300kg/dia, do surubim e piau amarelo (*Leporinus obtusidens* e *Leporinus reinhardt*). Estudos relatam que, das 360 espécies que existiam na bacia do Rio São Francisco mais de 70%, ou seja, 208 espécies já desapareceram (CNBSF, 2017).

Espécies substituídas por espécies mais agressivas, predadores e/ou hábito alimentar generalista como tucunaré (*Cichla monoculus*), piranha (*Pygocentrus piraya*), pirambeba (*Anchoviella vaillanti*), piaba (Characidae).

No Município de Piaçabuçu rumo a Foz do Rio São Francisco, os relatos enfatizam a substituição das espécies de água doce pelas de água salgada com presença mais frequente das espécies tainha, serra, robalo (*Centropomus undecimalis* e *C. parallelus*), pirambeba (*Anchoviella vaillanti*), carapeba (*Eucinostomus melanopterus* e *Eugerres brasiliensis*), tartarugas, siris, especialmente nos últimos 2 anos. Os pescadores relatam a visualização de tubarões (n=4) e desaparecimento das espécies Pocomã ou Niquim (*Lophiosilurus alexandri*), Pilombeta e Pirá (*Conorhynchus conirostris*), endêmicas do Rio São Francisco.

Os pescadores relacionam a redução das águas do baixo do Rio São Francisco como principal fator impactante na redução dos peixes e na sustentabilidade da pesca.

#### *Percepção ambiental e indicadores indiretos*

Os pescadores destacam a redução da quantidade de água do Rio São Francisco nos últimos 12 anos (Tabela 3), como consequência das barragens de água da UHE Xingó (1994), a ocorrência de mudanças ambientais como erosões no leito do rio e canais, tornando-os mais rasos, soterrados, com presença de baixios, formações de bancos de areia ou croas e novas ilhas. Segundo os relatos “...no trecho Penedo a Traipú barcos pequenos chegam a encalhar devido a erosão de barrancos que formam ilhas de areia impedindo as passagens; destacam a redução das águas turvas na época de cheias, de dezembro a maio, relacionadas com os períodos de reprodução de inúmeras espécies.

A redução da diversidade e quantidade de peixes está relacionada a redução de laminais d'água que cria ambiente propício às desovas, à piracema para algumas espécies e a turbidez da água necessário para o período de desova.

Os pescadores destacam o desaparecimento dos cultivos de arroz das áreas alagadas e o aumento da cultura cana-de-açúcar nas áreas que ladeiam o Rio São Francisco.

**Tabela 3.** Percepção dos pescadores quanto as mudanças ambientais nos municípios do baixo do Rio São Francisco

Parâmetro percebido	Característica	nº relatos
Redução na profundidade do rio (metros)	Últimos $11,8 \pm 1,9$ anos	n=33
Presença/aumento de macroalgas	Últimos $4,0 \pm 1,0$ anos	n=30
Redução de Matrizes em desova/alevinos	Últimos $8 \pm 1,2$ anos	N=13
Presença de parasitos nos peixes e na água	Especialmente nas cidades de Penedo, Neópolis e Piaçabuçu	n=10
Descarte de produtos/dejetos	Advindos das lavouras e esgotos	n=17

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020

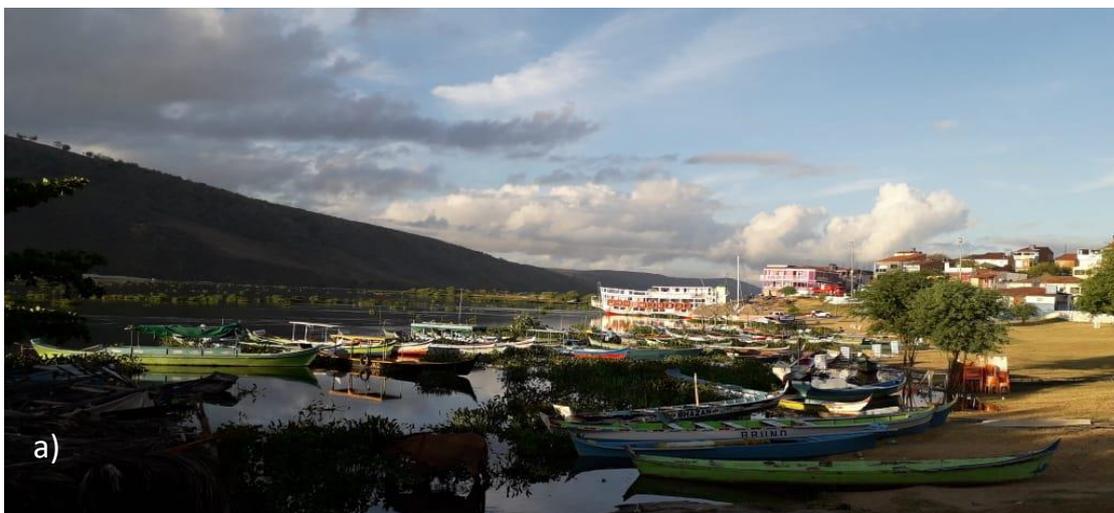
Holanda et al. (2005) já descreviam que devido aos barramentos ao longo da calha do rio, o regime fluvial foi modificado, alterando o regime de cheias e vazantes, comprometendo as atividades econômicas tradicionais (agricultura de várzeas e pesca artesanal); a reprodução dos peixes (piracema) e a estabilidade das margens que vem sendo erodidas, resultando em forte sedimentação da calha principal do rio (tornando o rio mais raso), favorecendo assim o aparecimento de croas e criando sérias dificuldades para a navegação.

A redução da correnteza em função da menor vazão de água, fez um rio mais raso de águas paradas, águas mais quente e límpida; trouxe ambiente propício a proliferação da macrófitas aquáticas que passaram a serem mais percebidas nos últimos 5,0 anos e que, em alguns pontos do rio chega a acumular 3,5 a 5,0 metros do vegetal. Contudo, a partir do município de Piaçabuçu observa-se redução ou até o

desaparecimento das macrófitas devido ao aumento da salinização da água próxima ao mar.

De acordo com os pescadores do baixo do São Francisco, a visibilidade da água piorou. Quando era possível enxergar 3,0 a 3,5 m em água hoje não se vê mais do que 1,5 m. Por vezes contraditório os relatos de águas mais límpidas e menor visibilidade, o que pode estar atrelado ao extrato de profundidade e localização de mergulho declarado pelos pescadores. Destacam menor visibilidade nas áreas próximas às cidades.

As macroalgas de maior proliferação é a a “baronesa” (*Eichhornia crassipes*), com produtividades de 400 a 600 ton.ha e a “rabo de raposa ou cabelo” (*Ceratophyllum demersum*), macroalgas exóticas de origem Amazônica e Pantanal, consideradas invasoras e associadas a prejuízos como o bloqueio das grades de usinas hidrelétricas, a redução da biodiversidade em corpos d’água, o aumento de evaporação em represas e canais de irrigação, a dificuldade de navegação e de pesca amadora e profissional, além da possível mortalidade de animais nativos por anoxia, potencializado pela transparência e água parada (POMPEO, 2017; FERREIRA et al, 2016). Há um maior adensamento de macrófitas aquáticas na margem esquerda do rio São Francisco, possivelmente devido ao lançamento de efluente não tratado, com elevado teor de nutriente, especialmente nas regiões próximas as cidades onde são descartados resíduos urbanos (esgotos) (MINHONI et al 2018)





**Figura 4.** Presença de macroalgas arrastadas pelas águas do Rio São Francisco na cidade de Traipú (a, b, c). Fotos Cavali, 2019



**Figura 5.** Presença de macroalgas arrastadas pelas águas do Rio São Francisco na cidade de Penedo (a) e Pão de Açúcar (b). Fotos Cavali, 2019

A visibilidade da água está atrelada a sua turbidez e esta ao material em suspensão. Estudos quanti-qualitativos da água demonstram o parâmetro turbidez como de maior variação nos últimos anos. Bulhões et al (2018) ao analisar a qualidade da água do Rio São Francisco no perímetro urbano do município de Pão de Açúcar entre outubro de 2014 e março de 2017, destacaram a turbidez como o parâmetro que apresentou as maiores variações, com valores entre 0,01 NTU e 47 NTU; Santana, Aguiar Netto, Garcia (2017) avaliando a turbidez da água no município de Piaçabuçu, foz do Rio São Francisco, observaram valores de turbidez variando entre 2,9 NFU e 47,07 NFU, destacando baixas concentrações de sedimentos ou partículas elementares que favorecessem o aumento da turbidez da água.

O rio São Francisco sofreu alterações de águas de alta turbidez para águas transparentes ocasionado pela retenção de material sólido nas barragens em cascatas. Vários estudos demonstram a redução de sedimentação no baixo do rsf (Silva, Medeiros e Viana (2010), com  $2,6 \times 10^5$  t/ano em 2008; Milliman (1970), o aporte de sedimento em suspensão na foz  $6,9 \times 10^6$  t; Oliveira (2003) no ano de 2001,  $0,4 \times 10^6$  toneladas, ocorrendo uma redução de mais de 90%. Concluíram que a barragem de Sobradinho diminuiu a carga de fluxo de sedimentos de  $13,39 \times 10^6$  t/ano para  $3,14 \times 10^6$  t/ano. (Melo, 2019) vazão e concentração de sedimentos em suspensão no Baixo São Francisco após a barragem de Xingó, obtidos do sistema Hidroweb no site da Agência Nacional da Água (ANA) no período de 1999 a 2018.

Os resultados mostram que as cargas estimadas de sedimentos em suspensão foram aumentando ao longo do rio, começando na estação de Piranhas com  $1,98 \times 10^6$  t/ano, na estação de Traipu com  $7,4 \times 10^6$  t/ano e na estação de Propriá, a mais próxima da foz do São Francisco, com  $8,0 \times 10^6$  t/ano para todo o período de estudo. O trecho considerado mais assoreado foi entre as estações de Piranhas e Traipu, onde o aumento do acumulado de sedimentos em suspensão chegou a 73,3% entre as estações. Para os dias atuais, compreendendo os anos de 2017/2018, a carga de sedimentos em suspensão estimada para o Baixo São Francisco foi de  $1,8 \times 10^4$  t/ano em Piranhas,  $8,5 \times 10^4$  t/ano em Traipu e de  $7 \times 10^4$  t/ano em Propriá, que são resultados considerados baixíssimos.

Outro ponto encontrado foi que a quantidade de sedimento que chegou à foz do rio São Francisco foi muito pequeno,  $1,83 \times 10^6$  t/ano. Acredita-se que esta água limpa que vai para o oceano pode causar problemas relacionados com o equilíbrio para o estuário do rio.

As principais consequências ocasionadas pela retenção de sedimento é diminuição dos sedimentos finos que carregam nutrientes e matéria orgânica fundamental a fauna aquática e a erosão na foz do São Francisco. A redução dos sedimentos ocasiona a diminuição na alimentação da foz (delta) no rio e mudança considerável na população de peixes, assim como em suas características morfofisiológicas como tamanho, deposição de tecidos corporais, época de reprodução.

Os principais impactos encontrados no baixo São Francisco apresentadas segundo

Silva, Medeiros e Viana (2010) foram: diminuição do aporte de sedimento e das vazões; salinização e acréscimo de temperatura; mudanças nas taxas de infiltração e uma redução da água no subsolo; assoreamento; processos de erosão das margens e

desbarrancamento;

modificação na foz; redução da biodiversidade; comprometimento da navegabilidade abaixo da cidade de Pão de Açúcar-AL; diminuição dos alimentos para fauna aquática devido à redução de sedimento. E concluem que houve diminuição nas concentrações de sedimentos depois da barragem de Xingó e que é preciso haver um monitoramento das variáveis descritas e aumentar sazonalmente as vazões para lavar a calha do rio e aumentar a produtividade biológica.





**Figura 6.** Descarte de esgoto doméstico nas águas do Rio São Francisco acima (a, b) e abaixo (c) da cidade de Traipú, AL. Fotos Cavali, 2019



**Figura 7.** Descarte de esgoto doméstico nas águas do Rio São Francisco na cidade de Piranhas. Concentração de macrófitas aquáticas na saída do esgoto (b). Foto Cavali, 2019



**Figura 8.** Descarte de esgoto doméstico nas águas do Rio São Francisco na cidade de Piaçabuçu (b). Foto Cavali, 2019

As regularizações das vazões nos rios ocasionados por barragens provocam descontinuidade longitudinal produzindo a montantes fluxos lênticos e a jusante fluxos mais lóticos com alterações na sua variabilidade. Esse controle artificial afeta toda a dinâmica do sistema fluvial, tanto no leito quanto nas planícies de inundação e lagoas marginais. Os ecossistemas dessas zonas precisam está em equilíbrio, contudo, são praticamente dependentes dos fluxos de águas dos rios, onde recebem os sedimentos, os nutrientes e os alimentos para manutenção da biodiversidade local.

A presença de parasitos na água e no pescado é percebida pelos pescadores (n=23) mais fortemente nas regiões de Penedo, Neópolis e Piaçabuçu e, em algumas espécies de peixes específicas como xira, xaréu, peixe porco, curimba, tucunaré (*Cichla monoculus*), piranha e pirambeba, sendo estas três últimas, segundo os pescadores, mais infestadas por parasitos por serem “peixes de ninho” e permanecerem mais tempo em águas mais parada e próximo as algas. Os pescadores destacam o aumento de parasitos nos últimos quatro anos nas espécies de peixes que vivem dentre estas algas inferindo ser um ambiente propício a proliferação de parasitos como o Argulus. Citaram ainda o “verme do olho do tucunaré, baratinha na guelra das piranhas, o carrapato branco, infecções nas barbatanas, que sangram; e a sanguessuga que vive no lodo”.

A baratinha ou piolho de peixe, como é chamado o *Argulus elongatus* Heller, foi o parasito mais citado pelos pescadores; O branquiúro, ectoparasito oportunista, já é descrito em quatro diferentes espécies na baía do Rio São Francisco inclusive

parasitando espécies de peixes até então não acometidas (DUARTE et al, 2020). Na percepção dos pescadores (n=8) a infestação do parasito está diretamente relacionada a imunidade do peixe pois se desenvolve no muco; A maior produção de muco nos peixes também foi relatada pelos pescadores (n=9) porém para épocas específicas do ano.

Na região de Piaçabuçu, onde a água torna-se mais salgada, foi citado o “verme da água e do intestino”, além de moluscos como o “caramujinho da areia” e o “maçunim”, citados também nas regiões Penedo e Neópolis, onde já formam inclusive áreas de catadoras de maçunim como a da vila Carrapicho. Este aumento pode estar relacionado a entrada de água salgada do mar, ou cunha salina que adentra no Rio São Francisco.

Quando indagados sobre a percepção de produtos ou processos que poderiam contribuir com a contaminação ou sujidade da água destacou-se o lançamento de produtos químicos agrícolas das culturas de cana-de-açúcar, arroz, horticultura por erosão; o descarte do azoto da cana e principalmente os pontos de despejo do esgoto urbano nas cidades de Traipú, Porto Real do Colégio, Neópolis, Piaçabuçu e Penedo.

As principais fontes de poluição são os esgotos domésticos, as atividades agropecuárias e de mineração. Os indicadores de saneamento básico na bacia do Baixo do São Francisco podem ser caracterizados quanto a aspectos precários onde domicílios urbanos servidos por coleta de esgoto são inferiores a 20%; e os percentuais tratados de volumes de esgotos urbanos menores que 5%, bem aquém da média nacional de 20,7% (CBHSF, 2017).

Bulhões et al (2018) ao analisar a qualidade da água no perímetro urbano do município de Pão de Açúcar, identificaram águas levemente ácidas, pH de 6,9, valores de oxigênio dissolvido satisfatórios e teores de condutividade elétrica oscilando entre 68  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 91  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os resultados indicam que embora estações de descarte estejam localizadas na área urbana, a capacidade de diluição do rio é superior ao aporte de material poluente. E os parâmetros estão dentro do que estabelece a Resolução Conama n° 357/05, que preconiza pH entre 6 e 9 para águas doces de classe II.

A poluição industrial é mais concentrada no Alto e Submédio do Rio São Francisco podendo-se dar ênfase ao mais problemático rio das Velhas, que coleta a maior parte do esgoto da região metropolitana de Belo Horizonte, sendo, por isso, um dos rios mais poluídos da bacia do São Francisco. Observa-se o lançamento de efluentes industriais que podem comprometer a qualidade do rio; Contudo, as consequências ambientais

destes impactos são potencializadas em determinadas bacias em função de suas características.

### *Percepção da qualidade e rendimentos do pescado*

Quanto ao processamento e a percepção sensorial, alguns pescadores destacaram mudanças no sabor dos peixes (n=8) e camarão (n=4). Inferem que os peixes além de estarem de 50 a 70% menores em tamanho, ter menos carne, apresentam menos gordura e conseqüentemente menos saborosos. “...o tucunaré ficou pequeno e os peixes começam a ovar novinhos, ainda pequenos”. Os pescadores destacam a gordura do peixe do Rio como mais saborosa e mais solúvel. Segundo Silva (2017) a dieta dos peixes de rio proporcionam deposição de gordura mais insaturada e perfil de ácidos graxos de cadeias mais longas relacionando-se a menor propensão de doenças cardiovasculares.

Para o camarão a mudança está na “cabeça menos saborosa e com aparência estragada”, mais expressivo em algumas épocas do ano. Alguns destacaram o gosto amargo, gosto de junco podre, de lodo ou de fezes para alguns peixes como o piau.

O consumo familiar médio dos pescadores é de 3 kg de pescado por semana sendo comercializado semanalmente em feiras ou atravessadores de 5 a 15 kg, suficiente para garantir renda de R\$ 250,00 a 600,00 por mês. Pescadores ressaltam que já chegaram a pescar 50 a 70kg/dia o que rendia até R\$ 800 a 1000,00 por semana além do consumo familiar de 5 a 8 kg/dia.

As esposas têm grande participação na atividade pois 80% dos pescadores relatam ser a esposa responsável por tratar e preparar o peixe. Durante a evisceração percebe-se os peixes mesmo pequenos já em fase de reprodução e peixes pequenos, porém ossudos, parecendo “*peixe velho*”. Características estas atreladas a antecipação da reprodução por questão de sobrevivência da espécie.

Todos relataram (n=33) consumir a água direto do Rio para beber ao saírem para pescar e sempre que necessário em casa. Utilizam o rio para lavar roupa, louça, banhar crianças e animais, especialmente cavalos e cachorros, como entretenimento familiar aos finais de semana e eventualmente como renda turística com os passeios.



**Figura 9.** Finalidades de uso das águas do Rio São Francisco na cidade de Traipú (b).  
Foto Cavali, 2019

O Rio São Francisco faz parte da cultura do pescador ribeirinho e nota-se a dependência econômica e cultural mesmo não se dando a devida importância ambiental ao mesmo. DICTORO; HANAI (2017) destacaram em seus estudos as diversas integrações homem natureza no âmbito ambiental além visão utilitarista do Rio São Francisco e as inter-relações indivíduo-natureza, ressaltando aspectos simbólicos, tradicionais, culturais e afetivos. Pescadores mais antigos possuem grande relação emocional-dependente com o Rio São Francisco, que vai desde a sua colonização as crenças; possuem por exemplo grande afinidade às fases da Lua, características da água, e períodos de maior ou menor produtividade do pescador. Dessa forma, pode-se afirmar que o conhecimento tradicional é extremamente importante por reunir aspectos que podem ser importantes para o planejamento e conservação da água.

Ao serem questionados sobre o que mais os incomoda as respostas foram unânimes para a presença do lixo nas margens do rio das áreas urbanas e descarte de dejetos visto as cidades não possuem tratamento sanitário adequado. O baixo possui ainda 67 povoados que lançam seus esgotos diretamente no Rio São Francisco. Os pescadores reclamam do descaso da comunidade nas áreas urbanas em lançarem lixo e animais mortos ao rio sendo de consenso geral, o descaso do homem e do governo às questões ambientais.

Destacam a fiscalização escassa e ineficiente dos órgãos competentes especialmente na época de defeso. Em relatos pescador informa que chegava a comprar

semanalmente 16 kg de ova mesmo em época de defeso e enfatiza “*imagina quantos peixes deixamos de produzir! mas o pescador é destruidor, captura até os alevinos soltos pela CODEVASP*”. Em contrapartida, 40% dos pescadores (n=25) afirmam ser importante o peixamento de espécies diversas, realizado pela Empresa visto que por 2 a 3 anos ainda é possível pescar estes espécimes. Os berçários citados foi a região de Marituba e Ipanema, considerados braços de desovas hoje extintos.

É unânime entre os pescadores o incômodo dos pescadores com arpões. Segundo os pescadores não há fiscalização para o uso do arpão. “...os arponeses não precisam carteira, não respeitam época de defeso e chegam a capturar 3 vezes mais que o pescador pois pegam peixes maiores pescando também durante a noite”; Ademais vendem o peixe R\$ 2 a 3 mais barato ganhando o mercado das feiras e restaurantes sem pagar mensalidade da Colônia (R\$ 25,00/mês) ou custo fixo com redes e embarcações.

Os pescadores fazem inferência ainda sobre a substituição dos barcos a vela pelas rabetas que, além de contribuir com a poluição da água estressam e assustam os peixes. Hoje as embarcações possuem predominantemente o “motor de rabeta” na frota pesqueira do Baixo do Rio São Francisco.

A percepção sobre qual equipamento de pesca impacta mais na produção de alevinos os pescadores (n=27) responderam que a batida de rede de malhar e a bomba de veneno são as formas de captura mais agressivas e que capturam tanto matriz ovada como peixes ainda pequenos. Destaque foi dado também a pesca de arpão, método comum no Rio São Francisco, que captura peixes grandes diariamente, indo buscar inclusive em áreas mais profundas, nos ninhos de desova.



**Figura 10.** Pescadores e produção de apetrechos e equipamentos de pesca. Piranhas, Alagoas. Fotos Cavali, 2019

*Soluções aos impactos ao Rio São Francisco*

Quando indagados sobre as propostas de mudanças para recuperação do Velho Chico as sugestões foram unânimes na necessidade de “mais água ser liberada nas comportas das usinas”; além da obrigatoriedade do aumento das águas nos períodos de reprodução, especialmente das desovas.

Outra sugestão importante foi a mudança do quadrimestre de defeso de novembro a fevereiro ou, ampliação do limite defeso até 1 de abril tendo em vista no mês de março, “*mês das chuvas fortes*”, também é o mês em que se captura maior número de espécimes ovadas. Destacou-se espécies como a Xira que, é comum encontrar “*ova encruada ou dura*”, resultado da não desova do ano anterior. “...esse peixe da enxurrada que fica choco”.

Foram sugeridas ainda a dragagem de áreas assoreadas, na construção de novas barragens afim de proporcionar mais área alagada para reprodução dos peixes, nas escadas para passagem dos peixes em piracema e fomento ao cultivo em tanques-rede e facilidade de licenciamento para tal. Quanto a contribuição ambiental citou-se a necessidade de saneamento básico, conscientização para descarte do lixo, principalmente pela comunidade e recuperação das margens do rio.

Contudo, foi baixa a disponibilidade de adesão destes pescadores a estes projetos partir da responsabilidade das próprias colônias. No Município de Penedo foi ressaltado o Projeto de Limpeza da margem do Rio realizado pela CODEVASP junto às colônias e sugerido que os mutirões sejam realizados duas vezes ao ano, no auge do período seco e após as festas de fevereiro para maior eficiência das coletas.

## **CONCLUSÃO**

Os pescadores do baixo do Rio São Francisco têm percebido mudanças ambientais que afetam diretamente as atividades socioeconômicas e culturais das famílias ribeirinhas.

## **AGRADECIMENTOS**

A II Expedição Científica do Baixo do Rio São Francisco pela oportunidade de coleta de dados.

## REFERÊNCIAS

- BULHÕES L.E.L., SANTOS J.P.O.; CARTAXO P.H.A; ESPINOSA D.J.L.; SANTOS A.S. Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco na área urbana de um município do sertão alagoano. *Anais...* In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018. Maceió-AL, Brasil.
- CASTRO, C.N.; PEREIRA, C. N. Revitalização do Rio São Francisco. *Boletim regional, urbano e ambiental do IPEA*, v. 17, p. 69-76, 2017.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. Maceió: CBHSF, 2017. *A bacia: principais características..* Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/a-bacia/>>. Acesso em: 20 maio 2020
- DICTORO V,P; HANAI F Y. Simbolismos da água: valores, saberes e tradições dos moradores de Pirapora-MG nas margens do rio São Francisco *R. gest. sust. ambient.*, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 487 - 503, abr./set. 2017.
- DUARTE R, ALMEIDA-BERTO MFC, CALVARIO CF, SANTOS-CLAPP MD, BRASIL-SATO MC. *Argulus elongatus* (Branchiura, Argulidae) in fish in the upper São Francisco river, Brazil. *Braz J Vet Parasitol* v. 29, n.2. 2020
- HOLANDA, F.S.R.; SANTOS, L.G.C.; SANTOS, C.M.; CASADO, A.P.B.; PEDROTTI, A.; RIBEIRO, G.T. Riparian Vegetation Affected by Bank Erosion in the Lower São Francisco river, Northeastern Brazil. *Revista Árvore*. Viçosa: V. 29. n. 2. 2005. 327-336 p.
- FERREIRA, F.A, POTT, A, POTT, V.A., LATINI, R.O., RESENDE, D.C. Macrófitas Aquáticas. In: LATINI, A. O.; RESENDE, D. C.; POMBO, V. B.; CORADIN, L. (Org.). Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil. Brasília: MMA, 2016. 791p. (Série Biodiversidade, 39).
- MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; OLIVEIRA, E. N. Aporte de material em suspensão no baixo rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v.15, n.1, p. 42-53.2011.
- MEDEIROS P.R.P.; DOS SANTOS M.; CAVALCANTE G.H; SOUZA W.F.L.; SILVA W.F. Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): efeitos

- de barragens no transporte de materiais na interface continente-oceano. *Geochimica Brasiliensis* v.28, n. 65-78, 2014.
- MEDEIROS, P. R. P.; SEGUNDO, G. H. C. MAGALHÃES, E.M. M. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). *Geochimica Brasiliensis*, v. 29, n. 1, p. 35-44, 2015.
- MELO S.C. (2019) *Estimativa de Produção de Sedimentos em Suspensão no trecho Baixo do Rio São Francisco: subsídios para Gestão Ambiental*. 115p. Recife. Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.
- MINHONI, R. T. A.; SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. S.; ZIMBACK, C. R. L. Monitoring of aquatic macrophytes in São Francisco river in an urban stretch of Petrolina – PE. *Scientia Plena (Online)* v.14, n.03, p. 2018.
- PEREIRA, J. Da S. (2020). *Influência das Variáveis Ambientais Sobre a Produção Pesqueira do Estuário e Foz do Rio São Francisco*. Trabalho de Conclusão de Curso, 40p. Engenharia de Pesca. Penedo: Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca.
- PIRES, A. P. N. Estrutura e objetivos da transposição do rio São Francisco: versões de uma mesma história. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 23, n. 1, p. 182-197, abr. 2019.
- POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros / Marcelo Pompêo. -- São Paulo ; Instituto de Bio- ciências da USP, 2017. 138 p. : il.
- REZENDE, P.C., OLIVEIRA I.M. Descrição socioeconômica dos pescadores no Baixo São Francisco, Nordeste-Brasil. *Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE - Ano XVII - Edição especial - Dezembro de 2015*. Salvador, BA – p. 671 – 689.
- SANTANA, N R F, AGUIAR NETTO A.N.GARCIA C.A.B. Qualidade da água da foz do Rio São Francisco. *Anais...* In: 14 CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.
- SILVA, B. C. Farinha e óleo de resíduos de peixe na alimentação de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 85p. Tese de Doutorado
- SOARES E.C, SOUSA BRUNO A.M.S., LEMOS J.M., SANTOS R.B. Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas. *Biotemas*, 24 (1): 61-67, março de 2011.



**Figura 11.** Fotos da II Expedição do Rio São Francisco (a, b). Fotos Cavali, 2019



**Figura 12.** Fotos das Colônias de Pescadores das cidades de Traipú (a) e Piranhas (b), Alagoas. Fotos Cavali, 2019





**Figura 13.** Fotos das observações na cidade de Traipú (a) e Piranhas (b), Alagoas, durante a II Expedição do Rio São Francisco. Fotos Cavali, 2019

# PARTE II

## ÁGUA





## Níveis de Coliformes totais e *Escherichia coli* e parâmetros físico-químicos nas áreas próximas a captação de água dos municípios, no Baixo São Francisco

Vivian Costa Vasconcelos<sup>1</sup>; Anita Neves Santisteban<sup>1</sup>; Themis de Jesus da Silva<sup>1</sup>; Emerson Carlos Soares e Silva<sup>1</sup>

### RESUMO

O rio São Francisco possui 2.700 km de extensão, é subdividido em alto, médio, sub-médio e baixo, esse último com 238 Km, entre Piranhas (AL) e a foz, situada no Oceano Atlântico. A urbanização próxima aos cursos d'água, acarreta diversos problemas para corpos hídricos, como o despejo de esgotos domésticos derivado da falta de saneamento básico. Assim, o objetivo desse trabalho foi realizar análise microbiológica da água rio São Francisco e quantificar alguns parâmetros físico-químicos da água, próximos as zonas de abastecimento das cidades. As amostragens ocorreram entre os dias 19 e 28 de novembro de 2019 em 8 pontos distintos e tiveram uma abordagem qualiquantitativa. Os resultados indicaram presença de coliformes em todos os locais amostrados e *E. coli* em níveis mais elevados nos pontos de Propriá (SE) e Penedo (AL), ambos com 4,6 NMP/100 mL e Piaçabuçu AL >8,0 NMP/100 mL, esses resultados não estão de acordo com as portarias do Ministério da Saúde.

**Palavras chave:** Poluição, potabilidade, saneamento básico

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 33 milhões (16,7%) de pessoas, considerando a população estimada de 200 milhões de habitantes não tem acesso a água tratada nem saneamento básico, menos da metade das pessoas que tem acesso a este serviço (41%) tem seu esgoto tratado, isso significa que um grande volume é despejado in natura nos ambientes aquáticos, poluindo rios, mares e lagos (SNIS, 2017).

A qualidade da água dos rios é proveniente principalmente das ações antrópicas, como despejo de efluentes domésticos, dejetos industriais, grandes quantidades de poluentes derivados das áreas urbanas e agrícolas, esses são os principais responsáveis pelos maiores impactos nos ambientes aquáticos (Vasco, 2011), uma vez que a água é considerada uma das substâncias mais presentes na natureza, havendo a necessidade do uso racional em relação a quantidade e qualidade, em virtude da sua abundância pode haver a impressão de que é um recurso inesgotável, mas na realidade atualmente apenas 2,5% no planeta terra é composto por água doce e com potencial para o consumo humano (Alves et al., 2018).

Considerada um elemento essencial, a água é um composto inorgânico indispensável para todos os seres vivos, quando não consumida de forma potável, torna-se o principal meio de contaminação, pois agentes patogênicos veiculados pela mesma são causadores de doenças infecciosas como: febre tifoide, cólera, hepatite, poliomielite, gastroenterites, quadros diarreicos entre outras (Almeida et al., 2017).

Assim, é necessário o monitoramento da água, onde deverão ser investigados indicadores biológicos específicos, como os coliformes, bastonetes gram-negativos que pertencem à família *Enterobacteraceae*, esses são distribuídos na natureza, se propagam com maior frequência na água, obtendo maior atenção da saúde pública, pois são suspeitos de causarem a maioria das infecções intestinais humanas (Nascimento & Araújo, 2013). Segundo BRASIL (2011) as opções de determinar o grupo de bactérias coliformes como indicador de contaminação da água, são: A presença nas fezes de animais endotérmicos indicando o grau de contaminação fecal, possui fáceis metodologias economicamente viáveis para detecção quantitativa em qualquer tipo de água, não se multiplicam em ambientes aquáticos e possui maior tempo de vida na água do que as bactérias patogênicas.

A presença de coliformes e *Escherichia coli* em corpos hídricos, indica a existência de microrganismos patogênicos, este grupo de bactérias atua como indicadores de poluição fecal por estarem naturalmente presentes no trato intestinal de animais e são eliminados nas fezes (Silva et al., 2006). Segundo Souto et al. (2015), os principais fatores para que as bactérias patogênicas sejam consideradas indicadores de poluição de origem fecal são: quando encontradas no trato gastrointestinal dos animais homeotérmicos, estejam em grandes concentrações em fezes humanas e de animais, devem estar presentes em esgotos e ausentes em águas potáveis, serem apenas de origem fecal e reveladas por metodologias simples.

Existem algumas bactérias da categoria coliformes que são utilizadas como parâmetros de contaminação bacteriológica da água, essas podem ser encontradas no trato gastrointestinal do homem e de outros animais, em ambientes não fecais, no solo e em vegetais tendo também relativa capacidade de se multiplicarem na água. Além disso os Coliformes fecais ou coliformes termotolerantes são bactérias de um subgrupo de coliformes totais (Franco et al., 2008).

De acordo com a descrição de Alves et al. (2018) coliformes totais é uma classe de bactérias, onde o principal atributo é a fermentação de lactose e a produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C entre 24 e 48 horas, essas bactérias pertencem aos gêneros: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Citrobacter*; os coliformes fecais ou termotolerantes são bactérias que pertencem a um subgrupo de coliformes totais com a capacidade de fermentar a lactose a 44-45°C ( $\pm 0,2$ ) em 24 horas, nesse grupo a *Escherichia coli* (*E. coli*) é considerada a principal espécie de origem exclusivamente fecal (Puño-Sarmiento et al., 2014).

Em virtude da presença dessas bactérias se faz necessário investigar a qualidade microbiológica da água, que é extremamente importante para fornecer informações em relação as condições do manancial, além de cooperar com elementos que podem influenciar em futuras estratégias no gerenciamento dos recursos hídricos (Figueirêdo, 2008).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), aproximadamente 80% das doenças detectadas em países em desenvolvimento são transmitidas através da água contaminada, que uma vez tratada deixa de ser um veículo transmissor de agentes patológicos, garantindo a saúde pública. Ainda dados da OMS demonstram que 80% das doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são ocasionadas pela contaminação da água e a cada ano cinco milhões de pessoas, entre esses, dois milhões

são crianças entre 0 a 5 anos, morrem direta ou indiretamente pela falta ou deficiência dos sistemas de abastecimento de águas e esgotos (Andraus, 2006).

Dentre as legislações vigentes do ministério da saúde que regulamenta a qualidade da água e abastecimento, destacam-se as Portarias de é a de nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, essa estabelece a quantidade de amostras de acordo com o número de habitantes, no artigo 11 (Tabela 1) o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano é a ausência de coliformes e *E. coli* em 100 mL de água.

**Tabela 1.** Tabela de número mais provável NMP para 5 porções de 20 mL.

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

Outra portaria é a de nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 que dispõe sobre qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade com ausência de coliformes e *E. coli* em 100 mL de amostragem.

Portanto dados dessas portarias foram utilizados como referência para os resultados das análises desse trabalho, que objetivou analisar os níveis de coliformes totais e *E. coli* ao longo do rio São Francisco, que é um dos principais rios responsáveis pelo abastecimento das cidades que fazem parte do Baixo São Francisco.

## **METODOLOGIA**

As coletas ocorreram no período de 19/11/2019 a 28/11/2019, foram determinados pontos de coleta ao longo do Baixo São Francisco, sendo eles: Piranhas-AL (PI), Traipú-AL (TR), Pão de Açúcar-AL (PA), Igreja Nova-AL (IN), Propriá-SE (PR), Penedo-AL (PE), Piaçabuçu-AL (PU) e Foz do São Francisco, com intuito de detectar a presença de coliformes as amostras foram coletadas em recipientes estéreis

e armazenado em geladeira a 8°C. As análises foram no Laboratório de Aquicultura e Análises de Água (LAQUA), UFAL/CECA.

Quanto aos parâmetros de água (fósforo, sódio, potássio, manganês, sulfato e nitrito), estes foram tomados em 3 pontos: antes da área de captação de água, na captação e após a captação de cada município estudado, num distanciamento de 250 metros de cada ponto de amostragem. Estes foram analisados por fotômetros (HANNA), Sonda multiparamétrica – YSI e espectrofotômetro Merck.

Por problemas ocasionados na região de Piaçabuçu, não foi possível coletar dados de qualidade de água próximo as áreas de captação deste município.

O meio de cultura utilizado foi destinado para realizar a detecção qualitativa ou quantitativa de coliformes totais e *Escherichia coli* na água, a metodologia empregada para esta pesquisa foi executada em conformidade com as instruções do AQUATEST COLI®-ONPG MUG (REGISTRO NA ANVISA: 100.970.10.149), este caracteriza-se pela presença de substrato cromogênico ONPG que é hidrolisado na presença de coliformes totais, apresentando cor amarela pela liberação do para-nitrofenol e o substrato fluorogênico MUG que é hidrolisado na presença de *E. coli*, apresentando fluorescência azul esverdeada quando exposta à luz UV, pela formação da umbeliferona.

Para realizar as provas quantitativas das amostras das águas coletadas, foi homogeneizada 100mL de cada amostra com o reagente AQUATEST COLI®-ONPG MUG, as análises foram realizadas em quintuplicatas de 20mL de cada amostra em béqueres estéreis protegidos de luz, e identificadas com as iniciais dos pontos de coleta (Figura 1). Posteriormente, foram incubadas em estufa a 35°C durante 24h (Figura 2). As amostras de coliformes positivas foram detectadas visualmente por desenvolvimento de cor amarela no meio de cultura (Figura 3) e a presença de *Escherichia coli* foi detectada pela observação de fluorescência azul esverdeada submetida a uma capela de luz UV com comprimento de onda de 365nm (Figura 4). Para a prova quantitativa procedeu-se à contagem com base no número de tubos positivos usando a tabela apropriada de número mais provável NMP (NMP/100 mL).



Foto: Vivian Vasconcelos.

**Figura 1.** Amostras (5 réplicas) homogeneizadas com AQUATEST® COLI-ONPG MUG e protegidas de luz.



Foto: Vivian Vasconcelos.

**Figura 2.** Amostras incubadas em estufa a 35°C durante 24h.

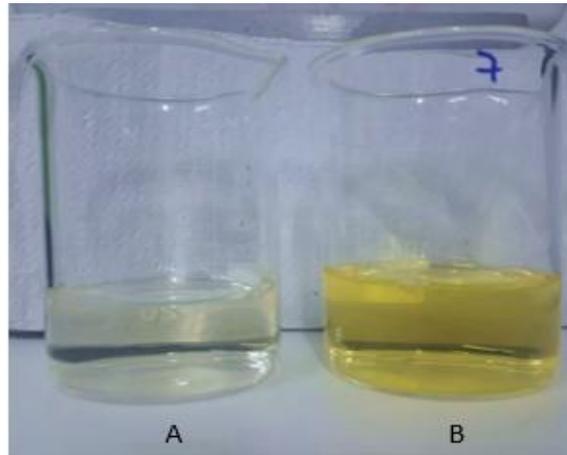


Foto: Vivian Vasconcelos.

**Figura 3.** As amostras de coliformes detectadas visualmente por desenvolvimento de cor, (A) ausência de cor amarela caracteriza prova negativa, (B) presença da cor amarela caracteriza prova positiva para coliformes totais.



Foto: Vivian Vasconcelos.

**Figura 4.** Observação das amostras em capela de luz UV com comprimento de onda de 365nm.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise geral dos dados descritos na Tabela 2 foi possível verificar que, em todos os pontos de coleta, foi observada a proliferação de coliformes totais em valores acima do limite indicado pela resolução CONAMA nº 357 de 17 de maio de 2005, ainda de acordo com esses resultados apresentados na tabela 2, foi possível verificar a presença de coliformes em todos os sítios de amostragem e *E.coli* em níveis mais altos

nas cidade de Propriá-AL e Penedo-AL. Porém na região de Piaçabuçu-AL, obteve níveis mais altos para coliformes com 100% de tubos positivos e para *E.coli* > 8,0 NMP/100mL. Esse efeito pode ser causado pela carência de saneamento básico e o despejo de esgotos in natura diretamente no rio São Francisco.

**Tabela 2.** Resultados das análises microbiológicas de coliformes totais e *E.coli* da água, referente às coletas realizadas em oito pontos distintos do Baixo São Francisco, sendo eles: ponto 1:PI (Piranhas AL), ponto 2:TR (Traipú AL), ponto 3: PA (Pão de Açúcar AL), ponto 4: IN (Igreja Nova AL), ponto 5: PR (Propriá SE), ponto 6: PE (Penedo AL), Ponto 7: PU (Piaçabuçu AL) e ponto 8: Foz do são Francisco.

<b>TABELA NMP (Número mais provável)</b>			
<b>PONTOS</b>	<b>TUBOS POSITIVOS</b>		<b>NMP/100mL</b>
	/100mL		
	Coliforme total	<i>E. Colli</i>	(nº mais provável)
(PI 1) Piranhas/Al	2	0	< 1,1
(PI 2) Piranhas/AL	2	0	< 1,1
(TR 1) Traipú/AL	5	0	< 1,1
(TR 2) Traipú/AL	5	0	< 1,1
(TR 3) Traipú/AL	5	0	< 1,1
(PA 1) Pão de Açúcar/AL	2	0	< 1,1
(PA 2) Pão de Açúcar/AL	5	0	< 1,1
(PA 3) Pão de Açúcar/AL	5	1	1,1
(IN 1) Igreja Nova/AL	5	0	< 1,1
(IN 2) Igreja Nova/AL	5	0	< 1,1
(PR 1) Propriá/SE	4	3	4,6
(PR 2) Propriá/SE	5	3	4,6
(PR 3) Propriá/SE	5	3	4,6
(PE 1) Penedo/SE	5	3	4,6
(PE 2) Penedo/AL	5	3	4,6
(PE 3) Penedo/AL	5	3	4,6
(PU 1) Piaçabuçu/AL	5	2	2,6

(PU 2) Piaçabuçu/AL	5	5	> 8,0
(PU 3) Piaçabuçu/AL	5	5	> 8,0
FOZ 1/AL	5	2	2,6
FOZ 2/AL	5	2	2,0
FOZ 3/AL	5	0	< 1,1

Esses resultados são semelhantes aos apresentados pela expedição científica do Baixo São Francisco realizada em 2018, onde também evidenciou presença de coliformes fecais e *E.coli* em 95% das amostras de água coletadas nos mesmos pontos amostrais.

Os níveis de coliformes totais significativos,  $p < 0,05$  (Tabela 3) em Piranhas foram encontrados os níveis mais baixos em relação a todos os locais, Pão de Açúcar, também obteve índices mais baixos de coliformes em relação as outras cidades, desta forma Piranhas foi a melhor cidade em índices mais baixos de coliformes, seguida de

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P	Pão de Açúcar, contudo os
Municípios	7	16.788	2.3983	5.04	0.005	
Erro	14	6.667	0.4762			
Total	21	23.455				

outros municípios não diferiram um do outro.

**Tabela 3.** Níveis de significância de presença de coliformes totais entre os municípios

**Tabela 4.** Médias dos níveis de coliformes fecais em diferentes pontos do Baixo São Francisco.

Municípios	N	Média	Agrupamento
TRAIPIÚ	3	5.000	A
PIAÇABUÇÚ	3	5.000	A

PENEDO	3	5.000	A
IGREJA NOVA	2	5.000	A
FOZ	3	5.000	A
PORTO REAL	3	4.667	A
PÃO DE AÇÚCAR	3	4.000	A B
PIRANHAS	2	2.000	B

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

Com relação a *E.coli*, Igreja Nova, Piranhas e Traipú apresentaram menores índices da bactéria, e diferiram de todas as outras cidades, em seguida Pão de Açúcar e Foz, tiveram níveis similares, Contudo Porto Real do Colégio-Propriá e Penedo, obtiveram níveis similares de bactérias e Piaçabuçu o maior nível em comparação com os demais (Tabela 5), deste forma, as piores cidades nestes índices foram (em ordem decrescente: Piaçabuçu, Porto Real- Propriá e Penedo, posteriormente, a foz e Pão de Açúcar e por último Traipú, Piranhas e Igreja Nova.

**Tabela 5.** Níveis de *E.coli* em diferentes pontos do Baixo São Francisco, utilizando teste de Tukey a 95% de Confiança.

Municípios	N	Média	Agrupamento	
PIAÇABUÇÚ	3	4.000	A	
PORTO REAL	3	3.000	A	B
PENEDO	3	3.000	A	B
FOZ	3	1.333	B	C
PÃO DE AÇUCAR	3	0.333		C
TRAIPIÚ	3	0.000		C
PIRANHAS	2	0.000		C
IGREJA NOVA	2	0.000		C

*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.*

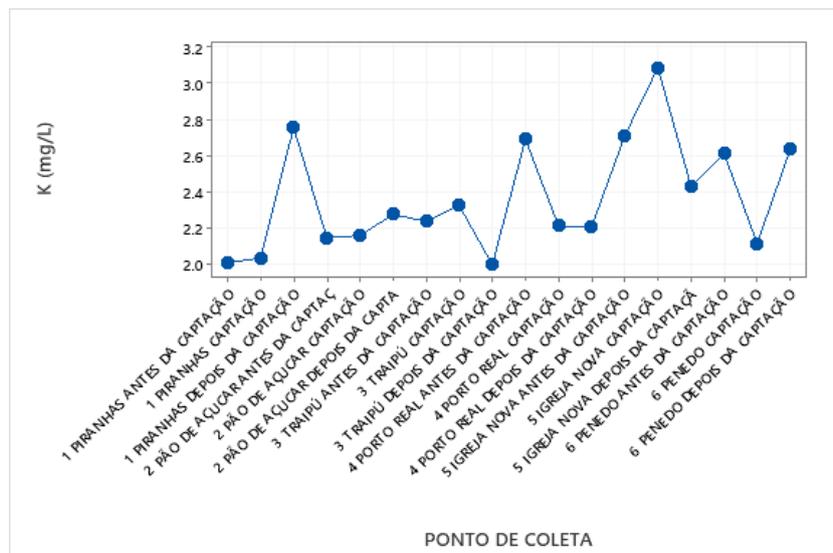


Foto: Vivian Vasconcelos.

**Figura 5.** Resultado das amostras (5 réplicas) em alíquotas iguais de 20 mL com emissão da cor azul esverdeada, que indica presença de *E.coli*.

*Parâmetros físico-químicos da água, próximos a área de captação dos municípios estudados*

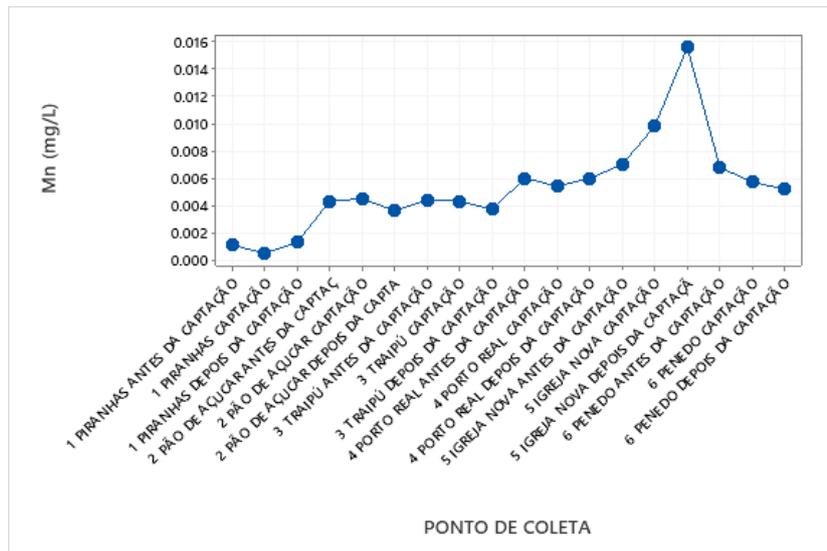
Os dados de potássio, manganês, cálcio, fósforo, sulfato, sílica e nitrito estão apresentados nas figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12, logo a seguir:



**Figura 6.** Análise de potássio nos pontos próximos à captação de água dos municípios.

Podemos observar que os dados de potássio foram significativos ( $p < 0,05$ ) em relação aos municípios, entretanto destoaram mais, conforme descemos o curso do rio, nas cidades de Igreja Nova e Penedo, com valores acima de 2,5 mg/L. Comparando-se as áreas de captação de água para abastecimento das cidades, os valores de potássio encontrados ficaram abaixo de 2,5 mg/L, com exceção do povoado Chinaré em Igreja Nova com valor acima de 3,0 mg/L. Contudo é possível observar dois picos de aumento

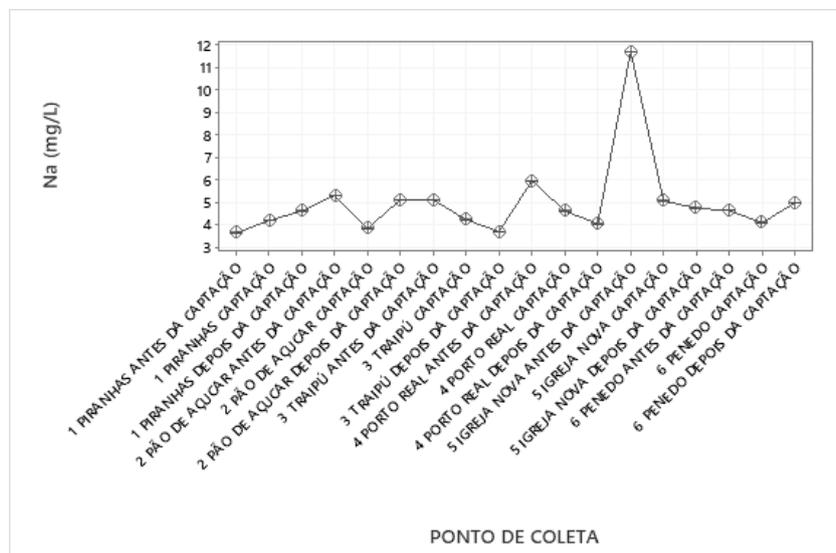
de potássio, um entre os municípios de Traipú e Porto Real do Colégio e outro entre Porto Real do colégio e Igreja Nova (Chinaré).



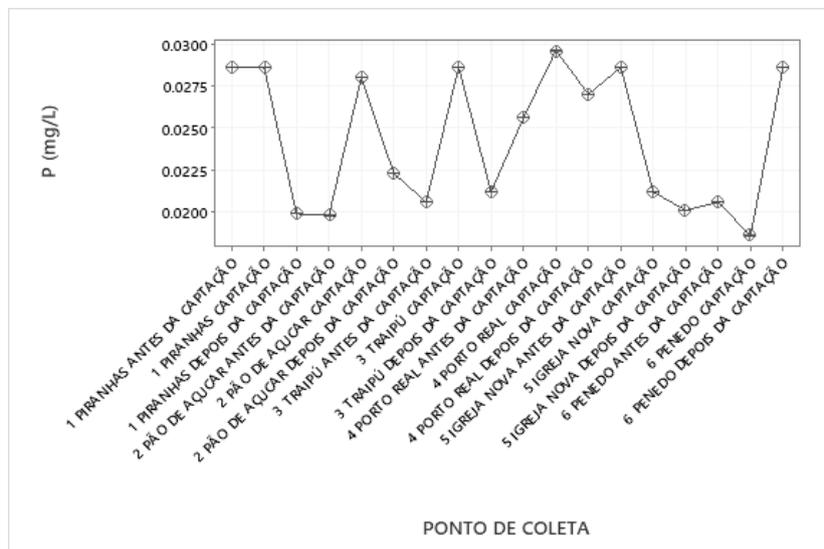
**Figura 7.** Análise do manganês nos pontos próximos as áreas de captação de água dos municípios.

Com relação ao manganês há uma tendência crescente deste metal, conforme seguimos o curso do rio abaixo. Piranhas obteve valores baixos desta substância em relação aos demais municípios ( $p < 0,05$ ). Contudo, o maior pico de manganês foi detectado próximo a área de captação do povoado Chinaré, em Igreja Nova (valores de 0,016 mg/L), entretanto abaixo do exigido pela resolução CONAMA (0,1 mg/L).

O sódio se manteve estável com leves flutuações nas regiões próximas a captação de água dos municípios estudados, com exceção do município de Igreja Nova ( $p < 0,05$ ).

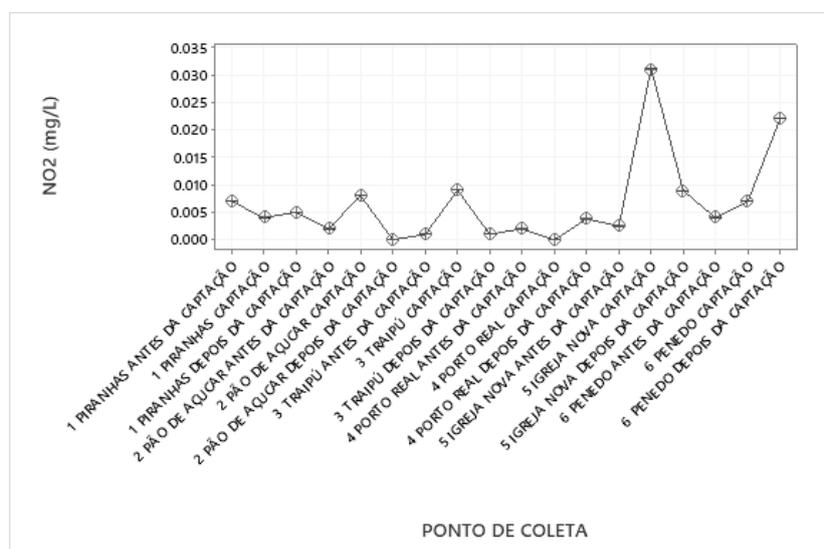


**Figura 8.** Análise do sódio nas áreas próximas à captação de água dos municípios.

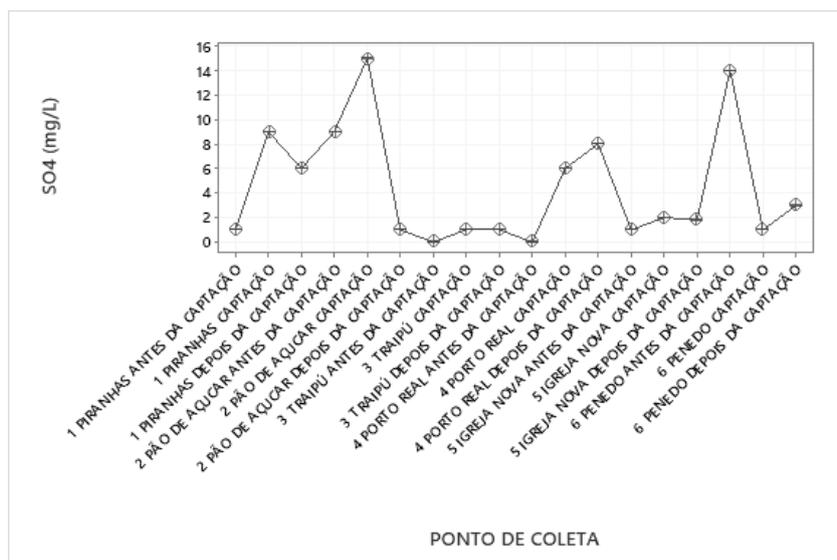


**Figura 9.** Análise do fósforo nas áreas próximas à captação de água dos municípios.

Os valores de fósforo variaram muito, embora dentro da escala de 0,02 e 0,03 mg/L, possivelmente devido ao aumento do fluxo de água do rio, promovido pela CHESF, que serviu para diluir mais a quantidade deste nutriente. Os valores encontrados foram próximos ao recomendado pela portaria 357 do CONAMA (0,02 mg/L P). Quanto ao nitrito os valores encontrados nestes pontos variaram em uma média de 0,01 mg/L, abaixo do preconizado na legislação que é de 1,0 mg/L.



**Figura 10.** Análise do nitrito nas áreas próximas à captação de água dos municípios.



**Figura 11.** Análise do sulfato nas áreas próximas à captação de água dos municípios.

Os dados de sulfato servem como indicativo de poluição por efluentes ou esgotos e estes valores ficaram abaixo do preconizado pela legislação que é de 250 mg/L. É importante reforçar que devido a vazão aumentada durante o período de coletas, esta serviu para diluir e diminuir esta concentração nas áreas de captação de água.

## CONCLUSÃO

Com base nas análises microbiológicas realizadas neste trabalho, os resultados demonstraram que a água de todos os pontos de coleta, encontram-se fora dos padrões de potabilidade recomendados para consumo humano, estabelecidos pela Portaria vigente de número 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

Uma vez que, é considerada água potável quando se tem ausência de coliformes totais e *E.coli* em 100 ml de amostras. O fato de ter encontrado presença de microrganismos na água no estudo, perfazendo-o um resultado insatisfatório, haverá a necessidades de otimizar o saneamento básico, diminuindo os riscos à saúde humana.

A qualidade de água, baseado nos parâmetros físico-químicos estudados (sódio, fósforo, nitrito e sulfato), estão dentro dos padrões da legislação, contudo preocupa-nos os valores encontrados, pois foram medidos em períodos de cheia e em aumento da vazão do rio (acima de 1.300 m<sup>3</sup>/s), principalmente, os dados de potássio e manganês que são indicativos de presença de agrotóxicos e também aumento de assoreamento. Em

ocasiões de seca, onde a vazão diminui para valores abaixo de 800 m<sup>3</sup>/s, é preciso monitorar estes nutrientes nas captações de água das cidades ribeirinhas.

## REFERÊNCIAS

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

ALMEIDA, A, G., CARVALHO, L, R.; ALVES, F. Q, ADRY, A, P., SANTINI, A, C., ALELUIA, M, M., (2017). Análise Microbiológica e físico-química da água de bebedouros em unidades de ensino no município de Ilhéus-BA. **Saúde e Biologia**, 12 20-26.

Alves S, G, S., Ataide C.D.G., Silva, J, X., (2018). Microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Cientifica**. Sena Aires. 712-7.

BRASIL, (2005). Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 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 lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 25 junho. 2020. <

BRASIL. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Governo Federal, 2011. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br>

CARLOS A, S., Fábio, B, G, C., Rodrigo, S, G., Rodrigo, C, S., Vera, L, P, S.,(2018). Análise microbiológica da água do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR), DOI: 10.1590/S1413-41522018163474

FRANCO, B, D, G, M., LANDGRAF M, (2008). **Microbiologia dos Alimentos**. Atheneu.2003 182p

FIGUEIRÊDO, A, C., (2008). Avaliação e diagnóstico da qualidade da água do açude de apipucos, Recife-PE. 104 disponível em:

<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5550>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo

humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/>  
Acesso 02/04/2020, 15:00 horas

NASCIMENTO, V.F.S., ARAÚJO, M.F.F., (2013). Ocorrência de bactérias patogênicas oportunistas em um Reservatório do Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 791-104.

PUÑO-SARMIENTO, J., GAZAL, L.E., MEDEIROS, L.P., NISHIO, E, K., KOBAYASHI, R, K., NAKAZATO, G., (2014). Identification of diarrheogenic *Escherichia coli* strains from avian organic fertilizers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11 8924-8939,

SOUTO, J, P., LIRA, A, G, S., FIGUEIRA, J., SILVA, A, N., SILVA, E.S, (2015). Poluição fecal da água: microorganismos indicadores. **Instituto Porto Alegre**, 226 1-6.

SILVA, M. P., CAVALLI, D. R., OLIVEIRA, T. C. R. M (2006). Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em Alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 26 352-359.

SNIS, (2017). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. 226 Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>

VASCO, A, N., (2011). Monitoramento, análise e modelagem da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim. –Universidade Federal de Sergipe 158.



## **Delineamento Físico-Químico do Perfil Longitudinal e Vertical do Estuário do Rio São Francisco**

Ana Lúcia Eufrázio Romão<sup>1</sup>; Aristides Pavani Filho<sup>2</sup>; Carlucio Roberto Alves<sup>1</sup>

### **RESUMO**

O perfil dinâmico do estuário do Rio São Francisco foi avaliado a partir da investigação dos parâmetros físico-químicos, observando as variáveis climáticas e as alterações na dinâmica do rio provocadas pelas interferências na variação dos fluxos pelo sistema de barragens e a qualidade das águas com base nas resoluções pertinentes. O perfil do estuário foi determinado a partir dos parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica e salinidade. Os pontos para amostragem foram determinados considerando a área que sofre influência do regime de marés e através de geoprocessamento foram selecionados 5 pontos ao longo do estuário, compreendendo um percurso de 28 km estendido de Penedo à foz. As análises dos dados permitiram observar que na região de Penedo a maré não tem influência sobre a salinidade do rio, as águas são classificadas como doce e a região como Zona de Maré do rio. Em Piaçabuçu a maré tem influência significativa na salinidade e condutividade, a maré enchente altera a salinidade da água de doce na superfície para salobra na camada de fundo, sendo observado na região o gradiente de salinidade proporcionado pelo seu avanço em cunha, característica do estuário com estratificação em cunha salina e de Zona de Mistura. Na região de foz, a jusante, sob condição de topo de maré a salinidade é significativamente marcante desde a superfície ao fundo, acima de 30 PSU, sendo classificada como águas salinas e como Zona Costeira. Apesar dos resultados apontarem para as condições acima descritas, é necessário considerar a influência que a elevação do fluxo do rio teve sobre os parâmetros avaliados. Sendo essencial a continuidade dos

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Ceará.

<sup>2</sup> Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.

estudos para futuras comparações tendo em vista as possíveis modificações provocadas na dinâmica do rio sob a ação desse interferente.

**Palavras-chave:** Influência de maré, zona de mistura, cunha salina.

## **O ESTUÁRIO DO RIO SÃO FRANCISCO**

A planície flúvio-marinha e aluvial do Rio São Francisco se estende desde Penedo (AL) até o litoral. Essa região, formada por sedimentos recentes, aluviâres, eólicos e praias é constituída de superfícies planas, solo inconsolidado e elevada salinidade. Praticamente toda a porção externa da planície costeira do rio São Francisco é margeada por dunas eólicas e, à margem direita, no estado de Sergipe, são registradas expressivas áreas de mangue. O delta e a base dos tabuleiros são formados de terraços marinhos Pleistocênicos e, a norte e nordeste, de tabuleiros terciários de Formação de Barreiras. Outra característica importante é que o estuário do Rio São Francisco é dominado movimentos oscilatórios da maré (Santos et al. 2012; Medeiros, Cavalcante Segundo & Magalhães, 2015).

Regiões de estuários são importantes nichos ecológicos pois são compostas por rica diversidade de espécies animais (principalmente peixes, cerca de 99% das espécies neotônicas) e são utilizadas como áreas de berçário, reprodução, alimentação, crescimento e abrigo para diversas espécies de animais marinhos. A composição, abundância e diversidade da ictiofauna é diretamente influenciada por fenômenos naturais que ocorrem na região e no entorno do complexo estuarino, bem como, pelas ações antrópicas que concorram para alteração do equilíbrio do complexo (Basilio & Godinho, 2008).

A elevada produtividade desses nichos é responsável pela subsistência de parte das populações ribeirinhas. Apesar da sua importância, tanto para o ecossistema e para as populações humanas, estes ambientes têm sido alvos de inúmeros impactos antrópicos, principalmente, através do despejo de efluentes domésticos e industriais. Esse fenômeno tem alterado, sobremaneira, as condições ambientais destas regiões (Santos, Bezerra-Junior & Costa, 2009).

A alta produtividade e o fluxo de maré nos estuários são as principais vias de transferência de água, sedimento, nutrientes e poluentes dos continentes para os oceanos (Couceiro & Schettini, 2010). Esses ambientes são os grandes responsáveis pela fertilização das águas costeiras ou funcionam como verdadeiras estações depuradoras naturais de esgotos antes do seu lançamento ao mar, evitando ou retardando a poluição

marinha. Além disso, a presença de produtores primários e de diversas populações de seres vivos, muitos dos quais de alto valor econômico, confere à essas regiões elevada importância não somente econômica mas, principalmente ecológica (Grego; da Silva & Montes, 2017)

Do ponto de vista da hidrodinâmica, a topografia do estuário, a descarga fluvial, as correntes de maré, o cisalhamento do vento, constituem as principais forças que atuam na constituição do perfil hidrodinâmico de um estuário. Sendo estes os principais fatores que definem os processos de mistura, circulação e estratificação em ambientes estuarinos (Kjerfve, 1988).

As descargas fluviais têm importante influência na circulação hidrodinâmica dos estuários. É através da interação entre os regimes de chuva, a hidrodinâmica desses ambientes e a componente marinha que se estabelecem condições para o enriquecimento biológico desses nichos (Molisani, Cruz & Maia, 2006)

A dinâmica dos estuários também pode sofrer influência de fatores antrópicos. O estuário do rio São Francisco, por exemplo, sofre impactos decorrentes de obras de engenharia. Ao longo do rio é possível observar obras direcionadas à geração de energia elétrica, ao abastecimento d'água, à navegação e à proteção contra enchentes. Destacam-se entre elas as barragens, que alteram o regime hidrológico, modificando a vazão líquida e sólida à jusante, por reterem grande parte dos sedimentos. O controle da vazão do rio provocou modificações no seu padrão de descarga, ocasionando alterações nas condições hidrodinâmicas características da área. As alterações hidrodinâmicas das correntes promovem modificações no regime biológico da região promovendo alterações no ecossistema do estuário do São Francisco (Souza, 2015).

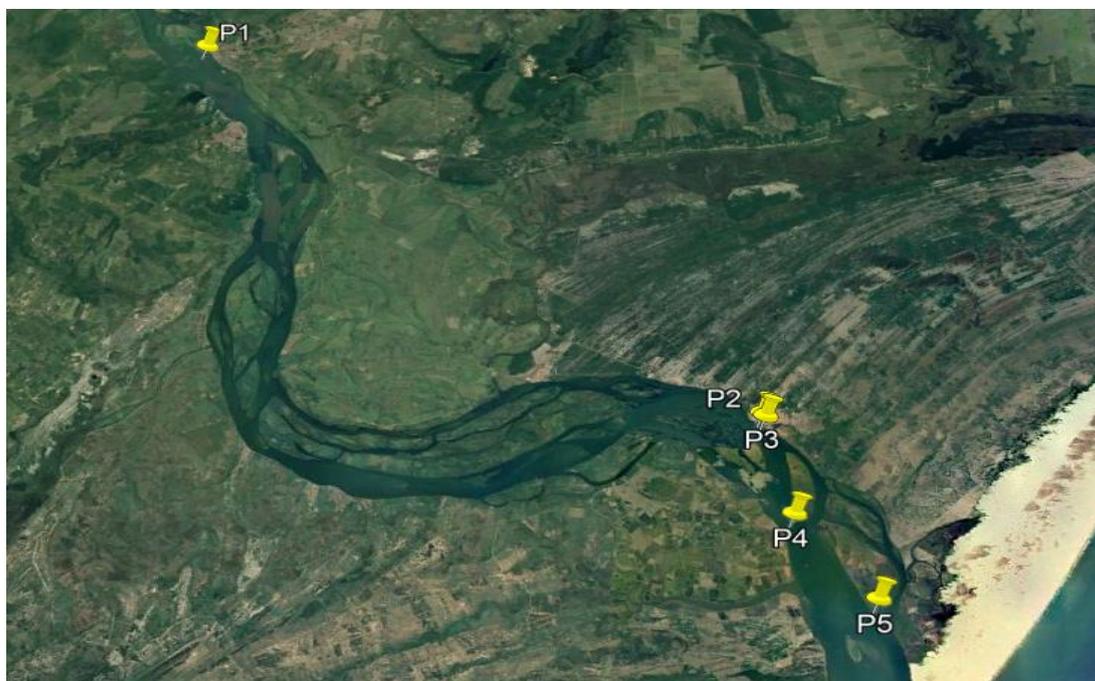
## **METODOLOGIA**

Os pontos para amostragem foram determinados considerando a área que sofre influência do regime de marés e determinado através geoprocessamento. A Tabela 1 apresenta a localização, a data e os horários de coleta.

**Tabela 3.** Pontos de coleta conforme coordenada geográficas.

Ponto de Coleta	Ponto	Latitude	Longitude	Data	Início (h)
Penedo	P1	10°17'37.86"S	36°35'20.05"O	24/11/19	14:00
Piaçabuçu montante	P2	10°24'36.61"S	36°26'5.98"O	25/11/19	09:00
Piaçabuçu jusante	P3	10°24'39.30"S	36°26'2.89"O	25/11/19	15:00
Foz montante	P4	10°26'23.72"S	36°25'35.48"O	26/11/19	08:30
Foz jusante	P5	10°27'48.57"S	36°24'21.91"O	26/11/19	14:30

Foram selecionados 05 pontos ao longo do estuário do Rio São Francisco, compreendendo um percurso de 28 km estendido de Penedo à foz. A distribuição geográfica dos pontos de coleta pode ser visualizada na imagem de satélite que consta na Figura 1.

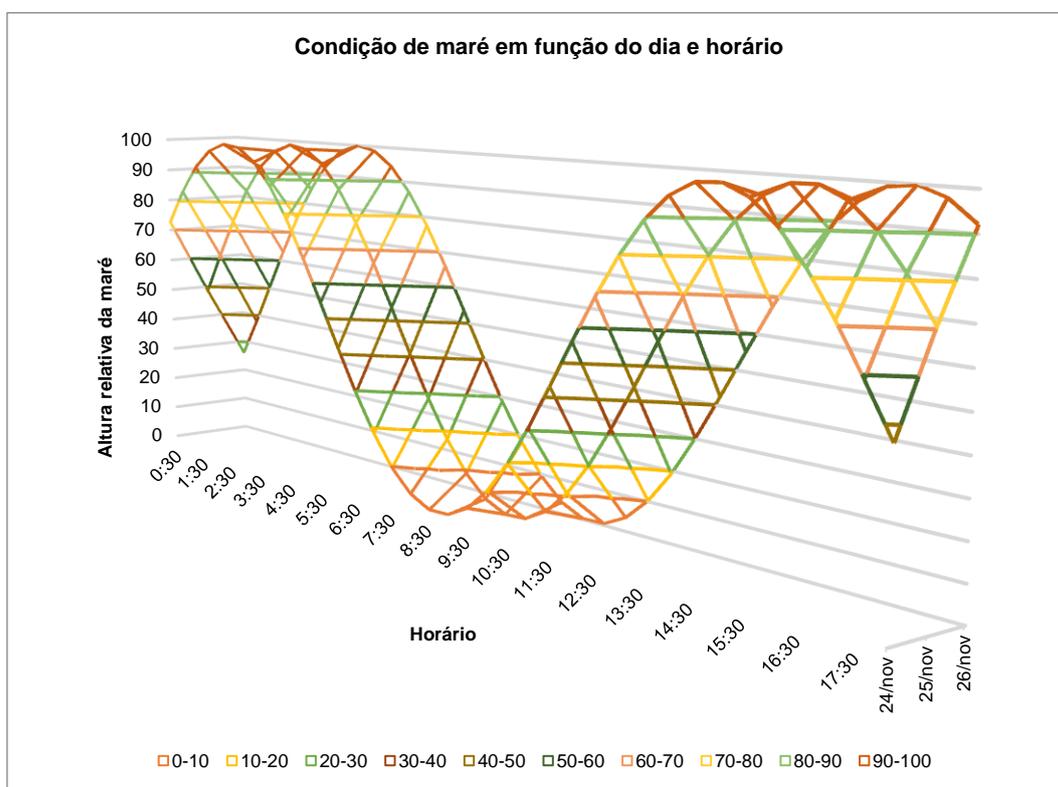


**Fonte:** Google Earth adaptação dos próprios autores.

**Figura 1.** Mapa dos pontos de coleta.

Foi realizada uma incursão a cada ponto entre os dias 24, 25 e 26 de novembro de 2019. Durante as incursões às estações de coletas foram realizadas pelos menos duas baterias de medições em cada localidade. Ao longo da coluna d'água, da superfície ao fundo do Rio, foi efetuada uma sequência de medições, com distância de no máximo 50 cm entre elas, intercaladas entre 20, 30 ou 60 mim, possibilitando o delineamento físico-químico do perfil vertical das águas do estuário em cada um dos pontos avaliados. A determinação dos parâmetros foi realizada durante os ciclos de maré enchente e vazante, conforme pode ser observado partir do Figura 2.

Os gráficos referentes a condições de maré no momento das avaliações foram elaborados utilizando-se o programa Microsoft Excel e simulados através de modelo simplificado, buscando obter o nível aproximado da maré no ponto avaliado tendo como referência à evolução da maré e dados de tábua de maré da região. Para este trabalho, o modelo simplificado de primeira ordem, emprega o comportamento senoidal com amplitude relativa e fase e frequência extraídos da tábua de maré do dia das tomadas de dados.



**Figura 2.** Simulação gráfica das condições de maré durante as coletas realizadas entre os dias 24, 25 e 26.

As amostragens envolveram determinações de condutividade elétrica, resistividade, densidade, sólidos totais dissolvidos, salinidade e temperatura da água. A determinação dos parâmetros físico-químicos em todos os pontos foi realizada *in situ* através da utilização de Sonda multiparamétrica Aqual Troll 400 da In-Situ Inc. 221 East Lincoln Avenue, Fort Collins, CO 80524 USA.

Os principais parâmetros utilizados para discutir a qualidade da água do estuário foram temperatura, pH, condutividade elétrica e salinidade. A partir dos dados coletados, posteriormente tabulados, retirados os erros e organizados no programa Microsoft Excel, foi definida a malha de interpolação, os limites máximos e mínimos para realização de análises estatística. A sistematização dos dados obtidos foi realizada a partir da estatística descritiva, tabulando as medianas e os desvios padrão. O tratamento estatístico para a comparação dos dados foi realizado pelo teste de Análise da Variância (ANOVA). Realizou-se para cada parâmetro físico-químico análise ANOVA de 1 fator a vários níveis, a fim de verificar influência da profundidade e da condição de maré (de vazante a cheia) nos parâmetros físico-químicos dos pontos estudados.

A região do estuário, avaliada no presente estudo, está localizada entre os paralelos 10° 17' e 10° 31' de latitude Sul e os meridianos 36° 35' e 36° 25' de longitude Oeste, se estende desde a desembocadura do Rio indo até à cidade de Penedo. O perfil do estuário foi determinado tendo como base os parâmetros físico-químicos avaliados, as resoluções pertinentes, bem como, observando as variáveis climáticas e as alterações na dinâmica do rio provocadas pelas interferências na variação nos fluxos pelo sistema de barragens.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A qualidade e os usos das águas de estuários, bem como, de qualquer outro recurso hídrico, são regulamentados através de legislação específica. A Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005 e suas modificações nas resoluções 410 de 2009 e 430 de 2011, dispõem sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. A finalidade dessa legislação é realizar a ordenação da exploração dos corpos hídricos visando a manutenção da qualidade, considerando as necessidades sociais e econômicas dos usuários. Além desta, outra

legislação importante é a Resolução CONAMA n° 274 de 29 de novembro de 2000, que determina os parâmetros e indicadores biológicos que asseguram as condições de balneabilidade dos ecossistemas aquáticos.

Os corpos hídricos ou mananciais são enquadrados em classes em função dos usos a que se destinam respeitando-se os requisitos estabelecidos. De acordo a Resolução n° 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente as águas são distribuídas em 9 classes: 05 delas enquadradas como águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5 %); 02 classificadas como águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e as outras 02 na categoria de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 %).

### *Penedo (P1)*

Em Penedo as análises ocorreram no período da tarde, intercaladas por intervalo de uma hora entre elas, formando um conjunto de três tomadas em momentos de topo de maré (Figura 3). Sendo esse ponto o mais afastado da foz, distante 31,24 km, esperava-se que a influência da maré fosse a mínima possível.



**Figura 3.** Simulação da condição de maré durante realização das medidas em Penedo no dia 24 de novembro

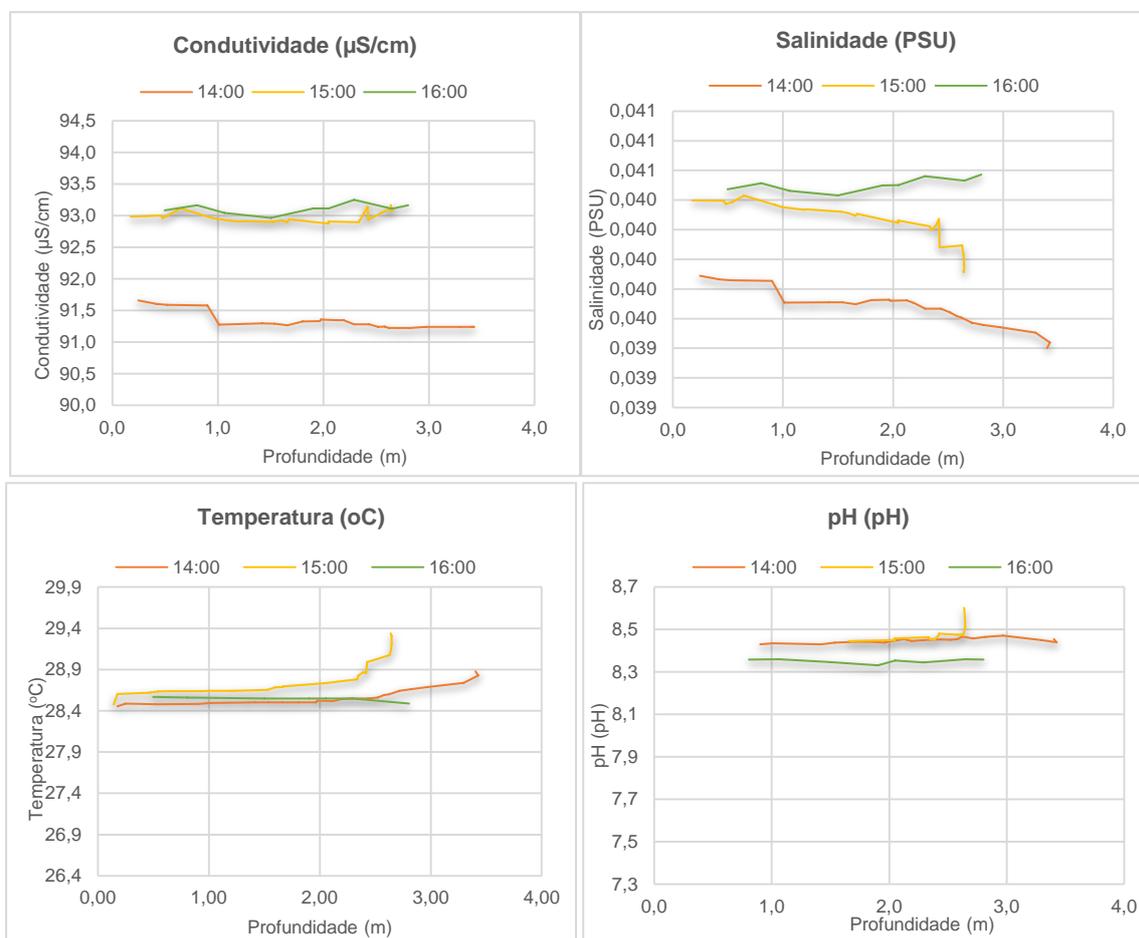
Os dados coletados em Penedo, às 14:00, 15:00 e 16:00 horas, foram tratados estatisticamente e os resumos apresentados na Tabela 2. Na região a altura máxima da coluna d'água no ponto avaliado atingiu 3,40 m.



**Tabela 4-** Variação dos parâmetros relacionados condutividade, salinidade, temperatura e pH em Penedo

Penedo												
Funções Estatísticas	Propriedades 14:00 h				Propriedades 15:00 h				Propriedades 16:00 h			
	Cond. ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sal. (PSU)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (pH)	Cond. ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sal. (PSU)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (pH)	Cond. ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sal. (PSU)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (pH)
Média	91,28	0,04	28,53	8,44	92,95	0,04	28,7	8,45	93,11	0,041	28,55	8,36
Desvio padrão	0,133	-	0,111	0,021	0,091	-	0,231	0,045	0,08	-	0,026	0,01
Máximo	91,66	0,04	28,88	8,47	93,17	0,04	29,34	8,6	93,25	0,041	28,56	8,36
Mínimo	91,22	0,039	28,48	8,38	92,87	0,04	28,6	8,39	92,96	0,04	28,49	8,33
N	24	24	24	24	24	25	25	24	9	9	9	9
Limite de decisão	-	-	-	-	-	-	-	-	041	0,00	0,024	0,04

Os valores relativos aos parâmetros de condutividade, salinidade, temperatura e pH obtidos durante a amostragem realizada em Penedo encontram-se plotados em função da profundidade nos gráficos A, B, C e D da Figura 4.

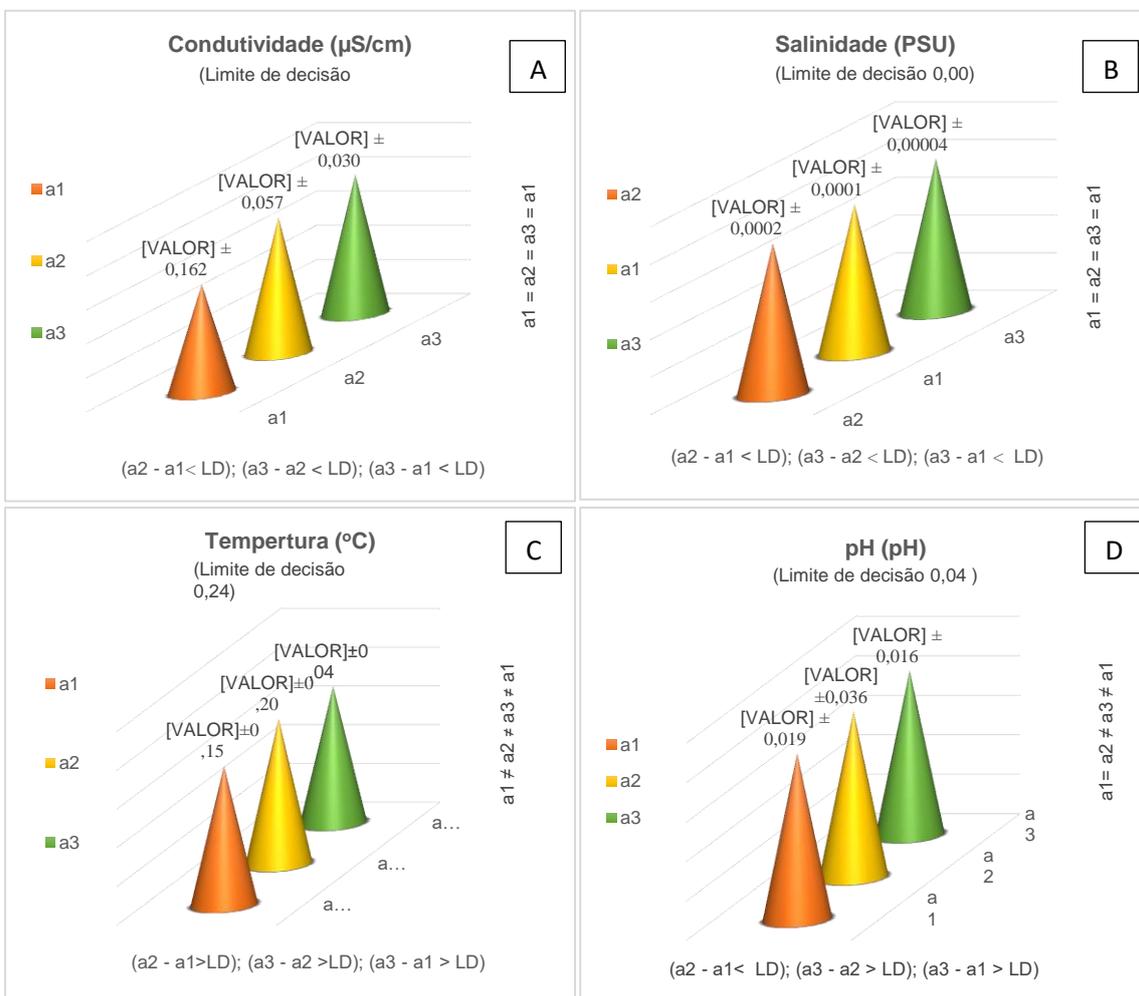


**Figura 4.** Gráficos dos parâmetros físico-químicos coletados em Penedo, plotados em função da profundidade.

Durante análises realizadas no decorrer da Primeira Expedição Científica no Rio São Francisco a equipe responsável pela qualidade da água determinou que a salinidade média na região inscrita de Traipu a Penedo a apresentou a média de  $0,02 \pm 0,004\text{‰}$  e valores mínimos de  $0,02\text{‰}$  e máximos de  $0,03\text{‰}$ .

Regiões estuarinas são caracterizadas por apresentarem flutuações de vários fatores físico-químicos. Nas regiões temperadas os fatores primários tais como a salinidade e a temperatura apresentam flutuações significativas. Nessas regiões a temperatura da água é um dos fatores que mais influenciam na produtividade dos

ecossistemas. Contudo, nas regiões tropicais seu efeito é menos intenso e a amplitude térmica é pequena e ocorre de forma gradativa (Souza, 2015).



**Figura 5.** Gráficos dos resultados das análises estatísticas de condutividade, salinidade, temperatura e pressão em função da evolução da maré, em Penedo. Em que  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$  são referentes as médias dos parâmetros obtidos às 14h, 15h e 16h, respectivamente.

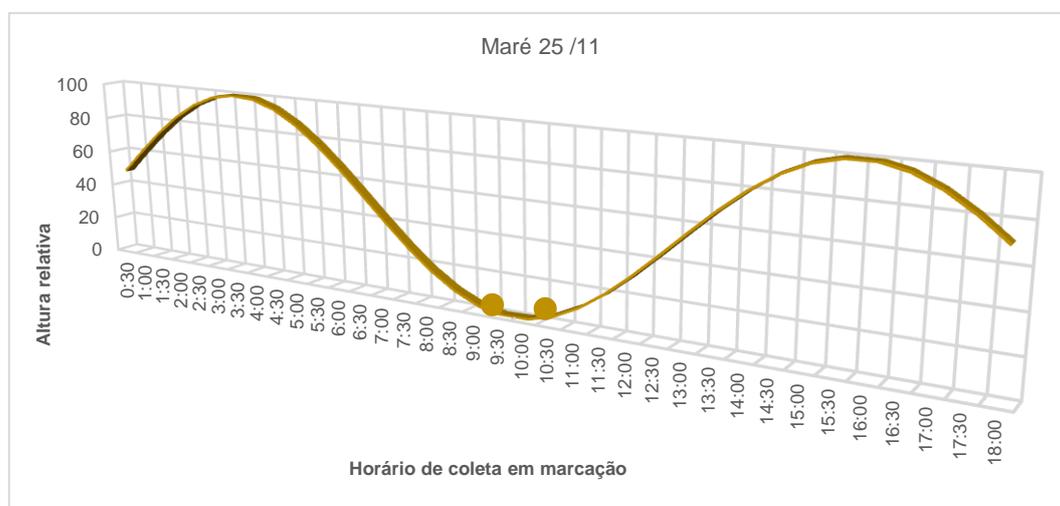
Na região de Penedo as análises estatísticas demonstraram que no decorrer do tempo de avaliação os parâmetros de condutividade e salinidade não sofreram alterações significativas (Figura 3, gráficos A e B). O que já era esperado porque a região avaliada não sofre influência direta da maré. As linhas referentes as medidas do Gráfico A evidenciam que a condutividade nesse ponto varia de forma pouco expressiva, esse fenômeno deve estar relacionado a pouca influência do volume de água do mar que chega até o ponto avaliado ou em função da pouca variação dos íons (poluentes) despejados ou que chegam na área trazidos pela corrente do rio.

As alterações nos parâmetros relativos a temperatura e pH (gráficos C e D) sofreram alterações significativas ao longo do tempo avaliado. O aumento da temperatura pode estar relacionado ao acúmulo de energia referente a incidência de radiação solar. Tendo influência, inclusive na conservação de calor na região de fundo. A alteração de pH no ponto avaliado pode estar relacionada a concentração de matéria orgânica em decomposição ao longo da evolução do tempo.

No ponto avaliado, de acordo com os dados coletados e a Resolução n° 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente as águas estão enquadradas como águas doces, com salinidade igual ou inferior a 0,5 %.

### *Piaçabuçu montante (P2)*

Em Piaçabuçu a montante (P2- Lat10°24'36.61"S e Long 36°26'5.98"O, distante 11,5 km da foz, foram realizadas 02 medidas sob maré baixa (Figura 6), tendo sido realizadas duas incursões ao ponto para registro dos parâmetros às 09:30 e 10:30 h.



**Figura 6.** Simulação da condição de maré durante realização das medidas em Piaçabuçu a montante.

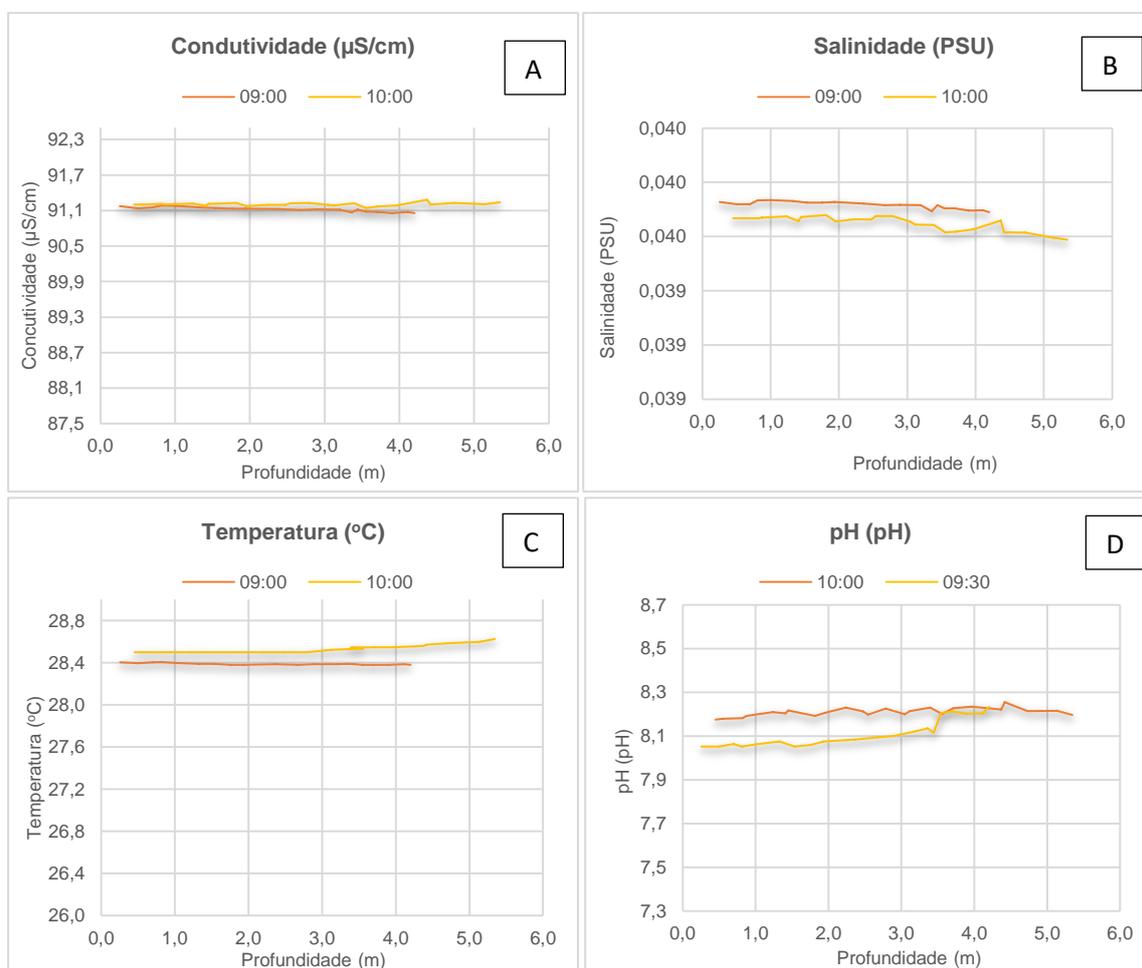
Os dados coletados durante o intervalo, foram tratados estatisticamente, sumarizados e estão dispostos na Tabela 3. No ponto avaliado a profundidade do leito do rio foi determinada em 5,35 m.



**Tabela 5.** Variação dos parâmetros relacionados condutividade, salinidade, temperatura e pH no trecho de Piaçabuçu a montante.

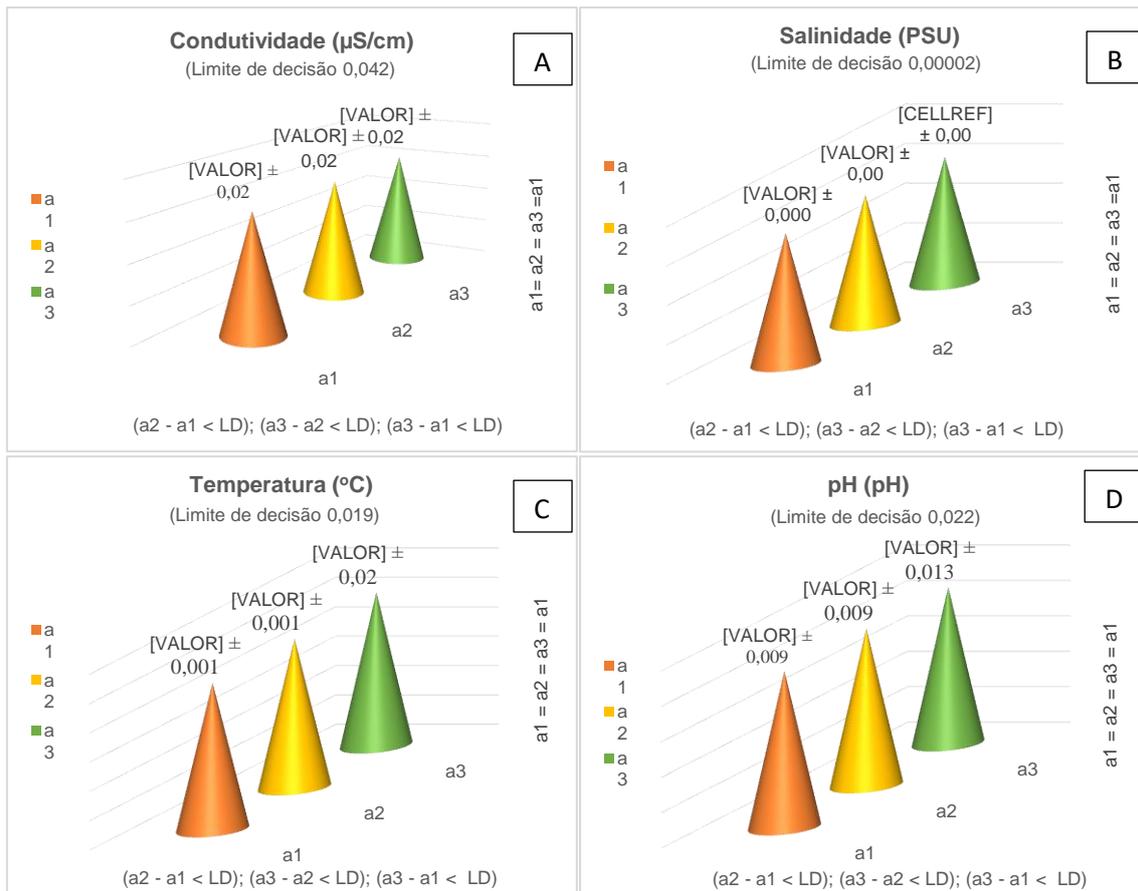
Piaçabuçu montante								
Funções estatísticas	Propriedades 09:00 h				Propriedades 10:00 h			
	Cond. ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sal. (PSU)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (pH)	Cond. ( $\mu\text{S/cm}$ )	Sal. (PSU)	Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH (pH)
Média	91,12	0,04	28,39	8,11	91,21	0,04	28,53	8,21
Desvio padrão	0,04	0	0,008	0,063	0,03	0,04	-	0,019
Mínimo	91,06	0,04	28,38	8,05	91,14	0,04	28,5	8,17
Máximo	91,19	0,04	28,4	8,23	91,28	0,04	28,62	8,25
N	20	20	20	20	24	24	24	24
Limite de Decisão	0,031	0	0,007	0,042	0,035	0	0,014	0,021

De acordo com a Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, os valores de salinidade encontrados durante o intervalo de coleta, abaixo de 0,5 PSU (Tabela 3), permitem prever que as águas no ponto, em condições de maré baixa, podem ser enquadradas como águas doces.



**Figura 7.** Gráficos dos parâmetros físico-químicos coletados em Piaçabuçu a montante em função da profundidade.

As análises estatísticas demonstraram que ao longo do perfil vertical as águas apresentam comportamento constante. Superfície, meio e fundo mantêm temperatura, salinidade, pH e condutividade estatisticamente uniforme, observar gráficos A, B, C e D da Figura 8. Sob maré baixa é possível verificar que a região não sofre influência do avanço da cunha salina.

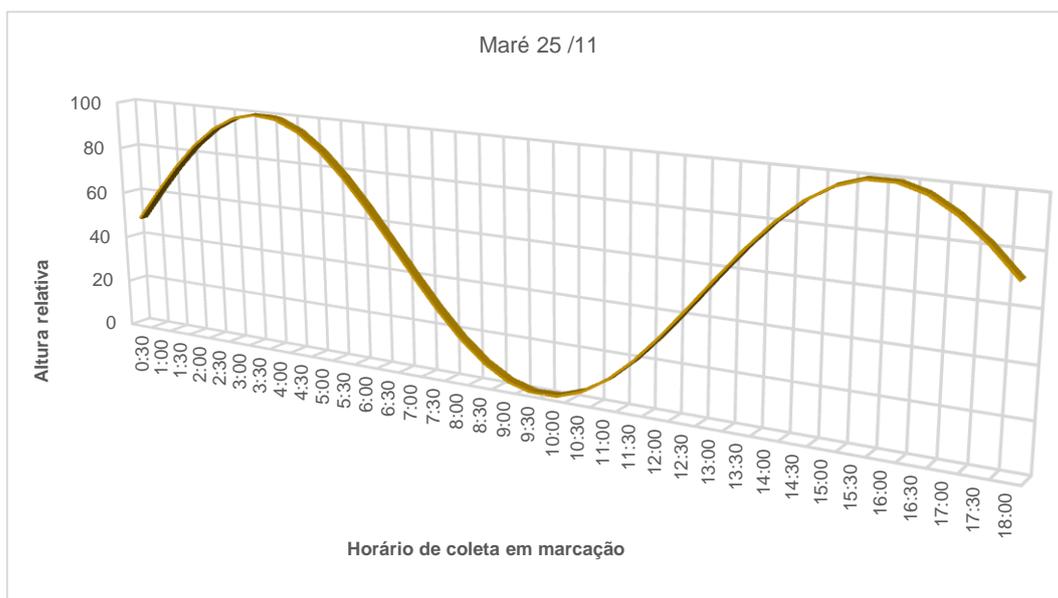


**Figura 8.** Gráficos dos resultados das análises estatísticas de condutividade, salinidade, temperatura e pressão em função da evolução da profundidade em Piaçabuçu a montante. Em que a1, a2 e a3 são referentes as médias dos parâmetros medidos às 10h à superfície, meio e fundo, respectivamente.

Análises realizadas pela equipe da I Expedição Científica no Rio São Francisco determinaram que em Piaçabuçu e Brejo Grande, as águas superficiais e de fundo foram enquadradas como “águas salobras”, apresentando salinidade entre 0,5% e 30%. A equipe determinou que a salinidade superficial variou de 2,59% a 4,50%, e de fundo variação foi 5,48% a 16,98%. Segundo a equipe, as maiores salinidades identificadas nas águas de fundo decorre da presença de elevados teores de sais dissolvidos conferindo-lhes maiores densidades promovendo um gradiente onde as águas com maiores densidades vão se acomodando nas regiões de fundo.

### *Piaçabuçu a jusante (P3)*

Na terceira região (P3- Lat 10°24'39.30"S e Long 36°26'2.89"O), Piaçabuçu a jusante, distante 11,3 km da foz, foram realizadas 04 medidas sob a condição de maré alta, às 15:00, 16:00, 17:00 e 18:00 horas, conforme (Figura 9).



**Figura 9.** Simulação da condição de maré durante realização das medidas em Piaçabuçu a jusante.

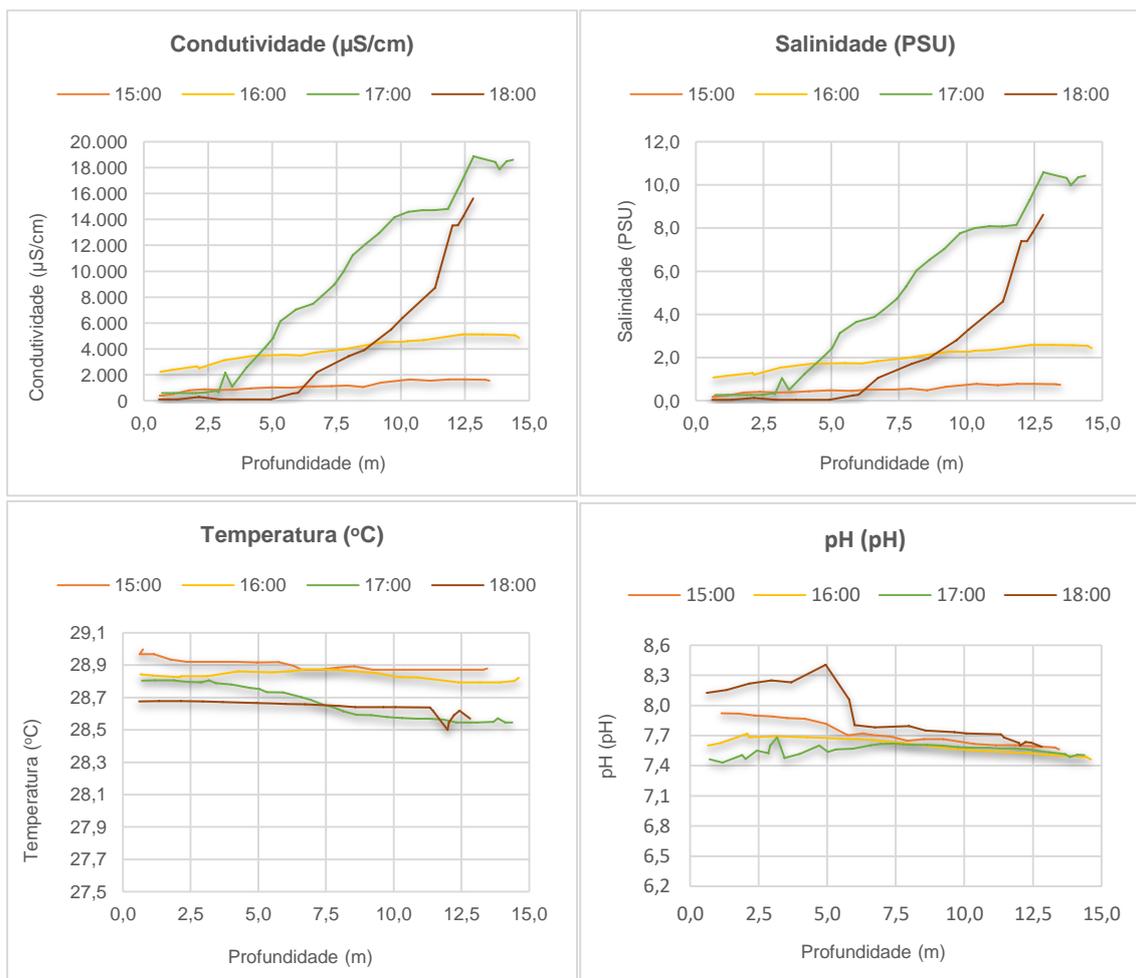
Na tabela 4 encontram-se os dados referentes as análises estatísticas ao longo da evolução da maré, exibindo, inclusive, os valores mínimos e máximos de cada parâmetro avaliado em Piaçabuçu a jusante. No ponto avaliado a profundidade do rio foi determinada em 14,37 m.

**Tabela 6-** Variação dos parâmetros relacionados à condutividade, salinidade, temperatura e pH no trecho de Piaçabuçu jusante.

Piaçabuçu a jusante																
Funções estatísticas	Propriedades (15:00)				Propriedades (16:00)				Propriedades (17:00)				Propriedades (18:00)			
	Cond (µS/cm)	Sal. (PSU)	Temp. (°C)	pH (pH)	Cond. (µS/cm)	Sal. (PSU)	Temp. (°C)	pH (pH)	Cond. (µS/cm)	Sal. (PSU)	Temp. (°C)	pH (pH)	Cond. (µS/cm)	Sal. (PSU)	Temp. (°C)	pH (pH)
Média	1122,5	0,52	28,9	7,7	3943,6	1,96	28,8	7,6	9221,2	5,02	28,7	7,6	5210,2	2,77	28,6	7,9
Desvio padrão	-	-	0,04	0,12	-	-	0,03	0,08	-	-	0,1	0,06	-	-	0,05	0,26
Mínimo	415,7	0,19	28,9	7,6	2251,9	1,08	28,8	7,5	607,4	0,28	28,5	7,4	120,1	0,05	28,5	7,6
Máximo	1671,7	0,79	29	7,9	5129,1	2,59	28,9	7,7	18878,6	10,59	28,8	7,7	15622,4	8,62	28,7	8,4
N	22	22	22	22	19	19	19	19	33	33	33	33	20	20	20	20
Limite de Decisão	-	-	0,034	0,17	3943,6	1,96	28,8	7,6	-	-	0,03	0,03	5210,2	2,77	28,6	7,9

A partir do ponto 3 (Piaçabuçu jusante) é possível perceber a forte influência da maré sobre os parâmetros físico-químicos na região. Nesse ponto o avanço da cunha salina é evidente, observável a partir das leituras expostas no Gráfico B da Figura 10. As leituras realizadas as 17:00 h revelam o aumento progressivo e substancial da salinidade e condutividade com o aumento da profundidade, deixando bem claro o comportamento da cunha. Nessa região, sob maré alta, as águas são enquadradas como salobra.

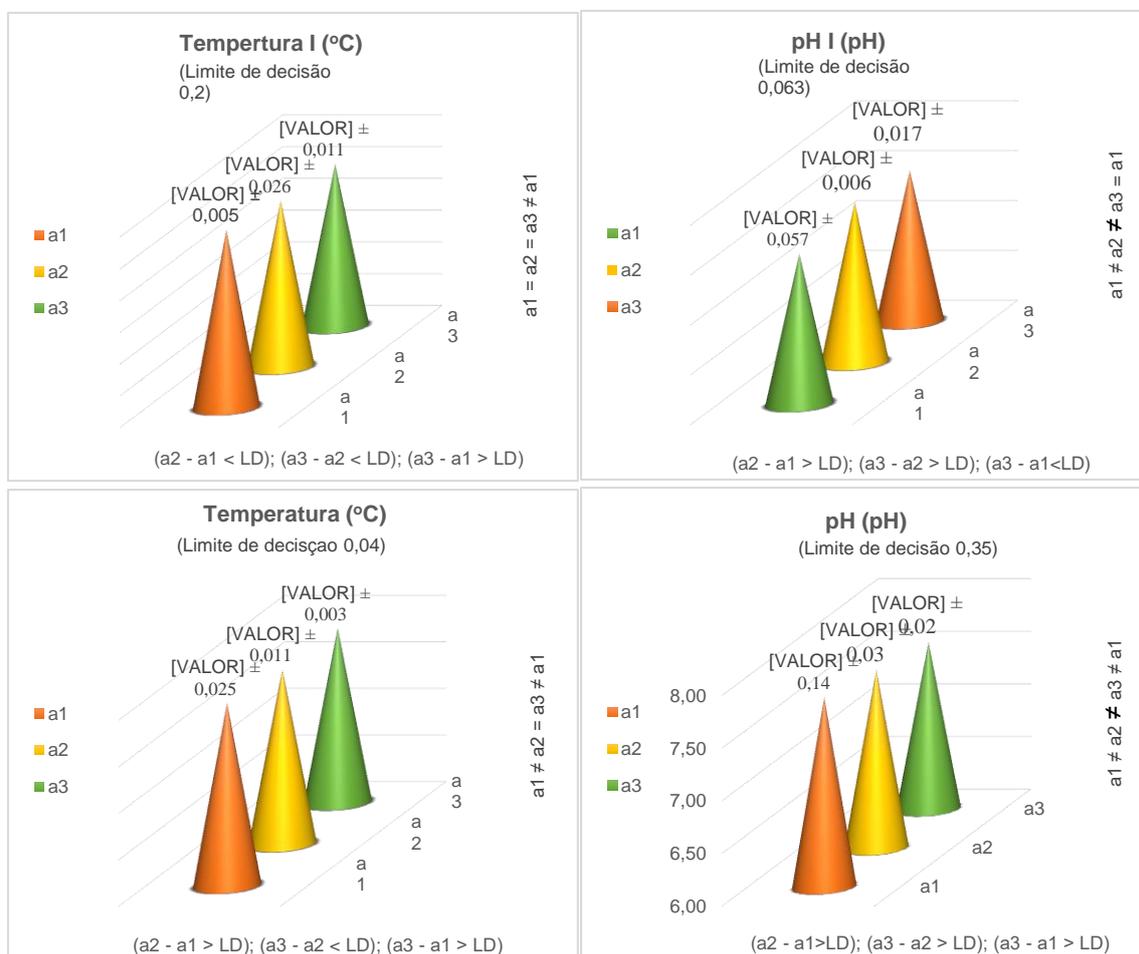
Os valores registrados para temperatura e pH variaram estatisticamente em razão da profundidade de coleta e em função da evolução da maré (gráficos A, B, D e D, Figura 11). Durante o intervalo observado foi possível registrar oscilações de pH de 7,43 a 8,41 e temperaturas que variaram de 28,50 a 29,00 °C (gráficos A e B da Figura 10)



**Figura 10.** Gráficos dos parâmetros físico-químicos coletados em Piaçabuçu a jusante em função da profundidade.

Em relação a profundidade a oscilação de pH mais significativa ocorreu às 18:00 horas, conforme pode ser visto no Gráfico D da Figura 10, apresentando variação de quase um ponto entre superfície e meio do rio, indicando que o pH tende à alcalinidade do fundo à superfície.

Já a oscilação de temperatura mais importante ocorreu a 17:00 horas (gráfico C da Figura 10) coincidindo com a inversão de direção do movimento da cunha salina. A temperatura mais elevada na superfície pode estar relacionada ao avanço da cunha salina em direção ao continente trazendo massa de água mais fria do oceano ao ponto avaliado.



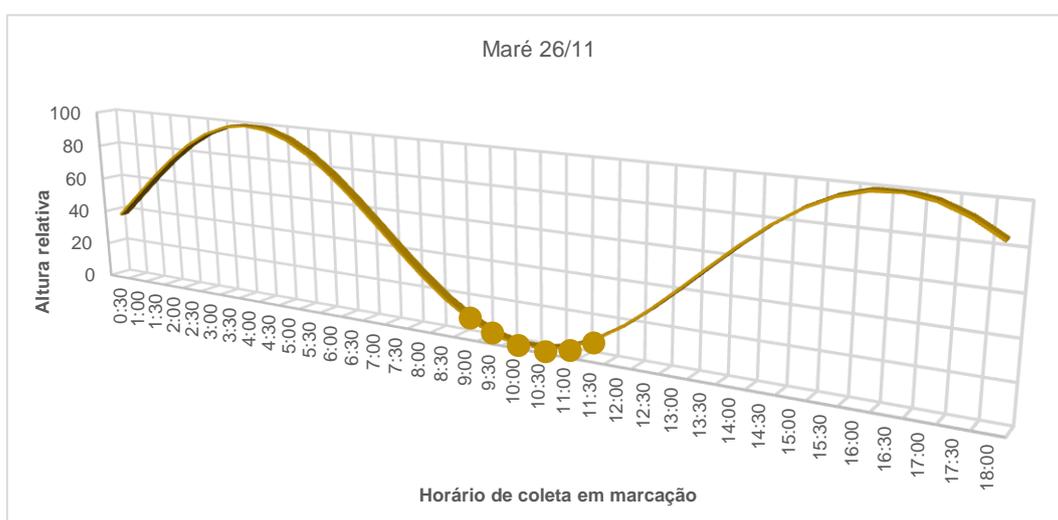
**Figura 11.** Gráficos dos resultados das análises estatísticas de condutividade, salinidade, temperatura e pressão em função da evolução da profundidade em Piaçabuçu a jusante. Em que a1, a2 e a3 são referentes as médias dos parâmetros medidos à

superfície, meio e fundo, respectivamente, e às 15h gráficos A e B, às 18h gráficos C e D.

O estuário do rio São Francisco se comporta apresentando salinidade mais alta próximo a foz e no fundo do rio. Sendo, portanto, caracterizado como do tipo estratificado em forma de cunha salina. Próximo da foz a variação de salinidade é bastante significativa, oscilando entre 0,03 e 35 ‰, podendo chegar a 39 ‰. Em áreas apresentando este tipo de oscilações são enquadradas como zona de mistura. Sua ocorrência pode ser atribuída a variabilidade da descarga fluvial, aos ciclos de marés e ação dos ventos (Fonseca, 2018).

#### *Foz montante (P4)*

Na região da foz a montante, distante 7,9 km da foz, as coletas de dados ocorreram no período da manhã, sob condição de baixa-mar tendo sido realizado o conjunto de seis amostragens, de 08:30 às 11:00 h, intercaladas por 30 min cada tomada conforme Figura 12.



**Figura 12.** Simulação da condição de maré durante realização das medidas na Foz do a montante.

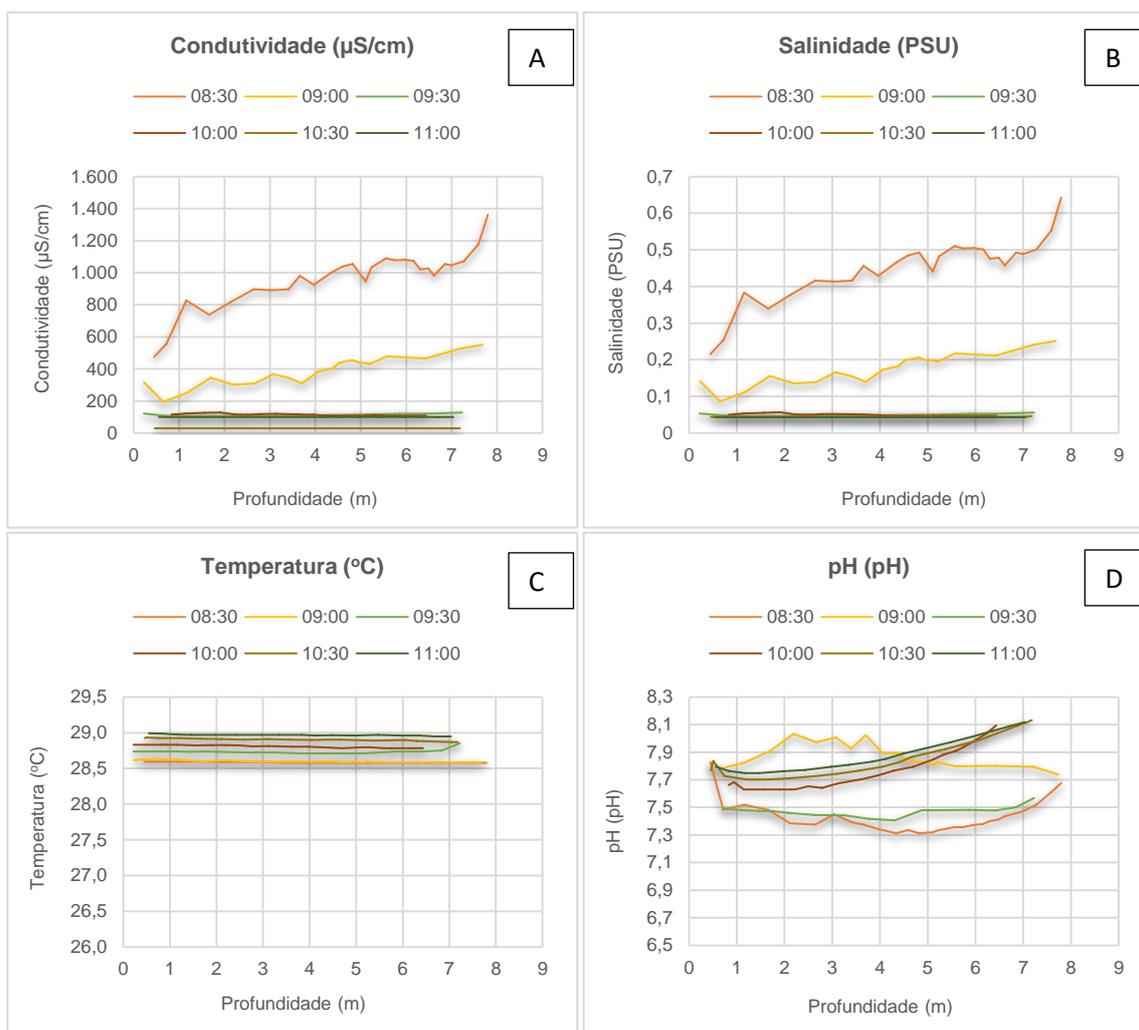
Os dados tratados estatisticamente e sumarizados a partir das coletas realizadas na Foz a montante foram organizados na tabela 5. No período avaliado o leito do rio encontrava a 7,80m de profundidade.

**Tabela 7.** Variação dos parâmetros relacionados condutividade, salinidade, temperatura e pH no trecho da Foz a montante

Foz montante												
Funções estatísticas	Propriedades (08:30)				Propriedades (09:00)				Propriedades (09:30)			
	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH
	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)
Média	967,5	0,5	28,58	7,4	386,9	0,2	28,6	7,9	113,2	0,5	28,7	7,5
Desvio padrão	178,2	0,1	0,0	0,1	91,7	0,0	0,0	0,1	7,1	0,0	0,0	0,0
Mínimo	474,5	0,2	28,6	7,3	193,7	0,1	28,6	7,7	105,9	0,0	28,7	7,4
Máximo	1360,7	0,6	28,6	7,8	550,2	0,3	28,6	8,0	127,5	0,1	28,9	7,6
N	27	27	27	27	19	19	19	19	15	15	15	15
Limite de Decisão	-	-	0,002	0,193	-	-	-	-	-	-	-	-
Foz montante												
Funções estatísticas	Propriedades (10:00)				Propriedades (10:30)				Propriedades (11:00)			
	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH
	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)
Média	114,5	0,1	28,8	7,8	28,9	0,0	28,9	7,9	100,4	0,0	29,0	7,9
Desvio padrão	5,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,1

Mínimo	107,3	0,0	28,8	7,6	28,9	0,0	28,9	7,7	99,2	0,0	28,9	7,8
Máximo	128,5	0,1	28,8	8,1	28,9	0,0	28,9	8,1	102,4	0,0	29,0	8,1
N	19	20	20	20	18	18	18	18	17	17	17	17
Limite de Decisão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0096	0,052

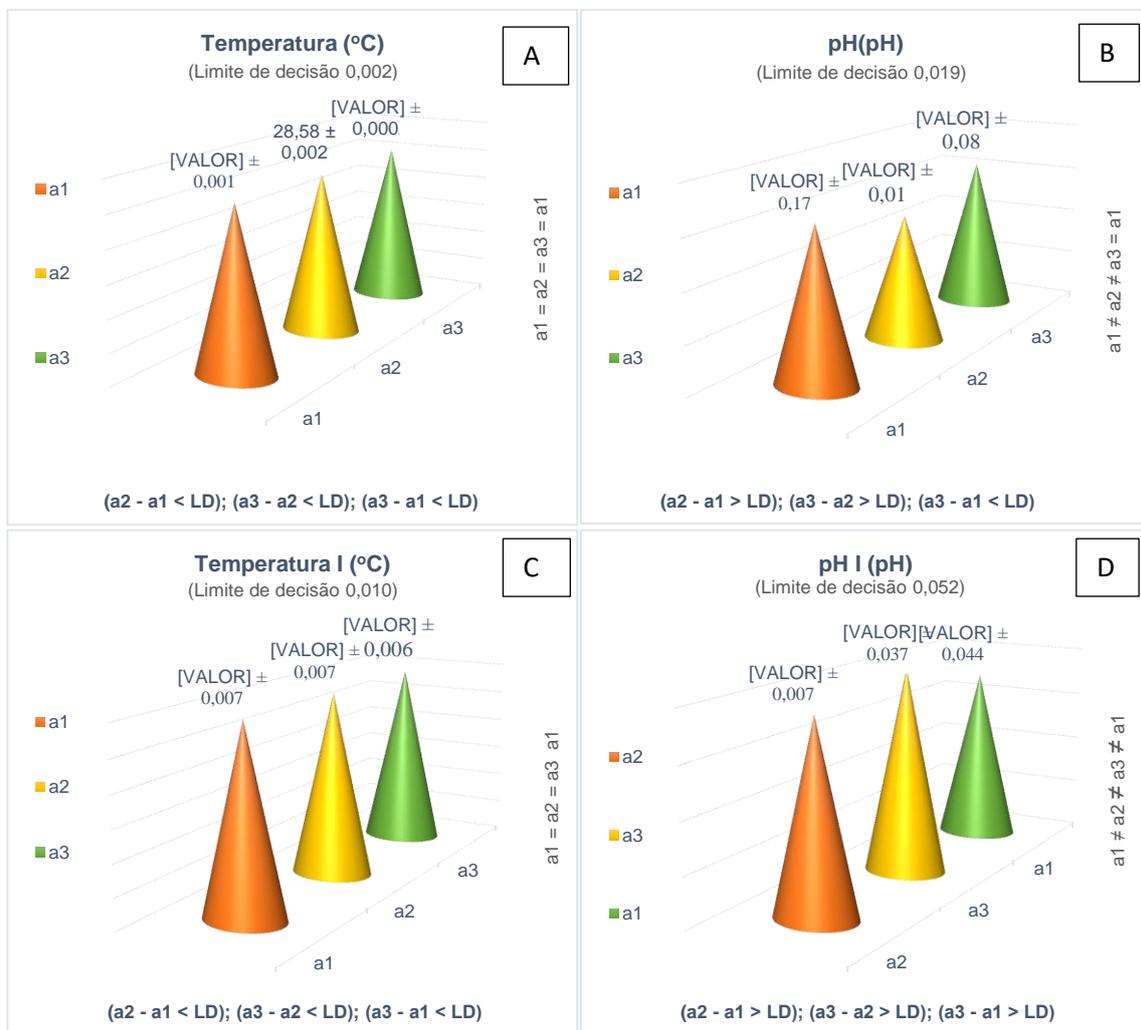
Na região, a influência da maré tem significativa importância. Nessa zona é possível observar a alteração da salinidade e condutividade em função da variação da profundidade e da maré, mesmo sob condição de maré vazante. Contudo, sob baixa-mar as águas superficiais, de fundo e meio seriam classificadas como doces. No entanto, com o avanço da maré a cunha salina tende a alcançar o ponto avaliado deixando a zona de fundo salobra. No ponto foi possível registrar oscilação de salinidade entre 0,04 a 0,64 PSU.



**Figura 13.** Gráficos dos parâmetros físico-químicos coletados na Foz a montante em função da profundidade.

O pH na área variou com a profundidade e com o avanço maré, conforme mostra o Gráfico D da Figura 13. No ponto avaliado, apesar das linhas apresentarem comportamento semelhantes, a aferição realizada às 8:30 apresentou evolução de

comportamento anômalo. Enquanto o pH tende a ser mais elevado no fundo e/ou superfície nas demais medições, durante a realizada às 8:30 o pH se mostra mais elevado no meio. O comportamento discretamente anômalo, durante a medição supracitada, pode estar relacionado a algum pico de liberação de gás carbônico na água decorrente do processo de oxidação do excesso de matéria orgânica pelos microrganismos aeróbicos no intervalo referente a aferição, ocasião em que era possível observar a presença massiva de plantas aquáticas na superfície do rio. Para a temperatura a variação observada não foi estatisticamente significativa, permitindo inferir que este parâmetro se manteve constante durante o intervalo avaliado, conforme pode ser observado no gráfico A e C da Figura 14.

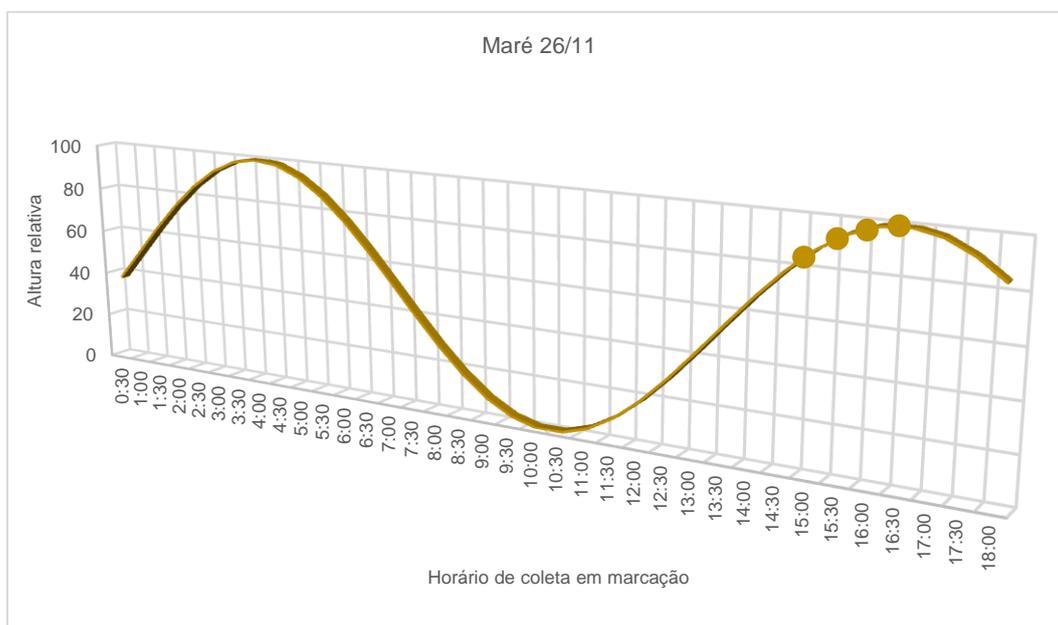


**Figura 14.** Gráficos dos resultados das análises estatísticas da condutividade, salinidade, temperatura e pressão em função da evolução da profundidade na Foz a montante. Em que a1, a2 e a3 são referentes as médias dos parâmetros medidos à

superfície, meio e fundo, respectivamente, às 8 h e 30 min, gráficos A e B, às 11 h gráficos C e D.

#### *Foz jusante (P5)*

Na última região avaliada, no trecho da foz à jusante, distante 4,8 km da foz, as coletas de dados foram processadas no período da tarde, sob condição de maré enchente (Figura 15), tendo sido realizadas 4 tomadas de dados intercaladas por intervalos de 30 min entre elas. Os dados coletados revelam a intensa influência que a maré tem sobre a região.



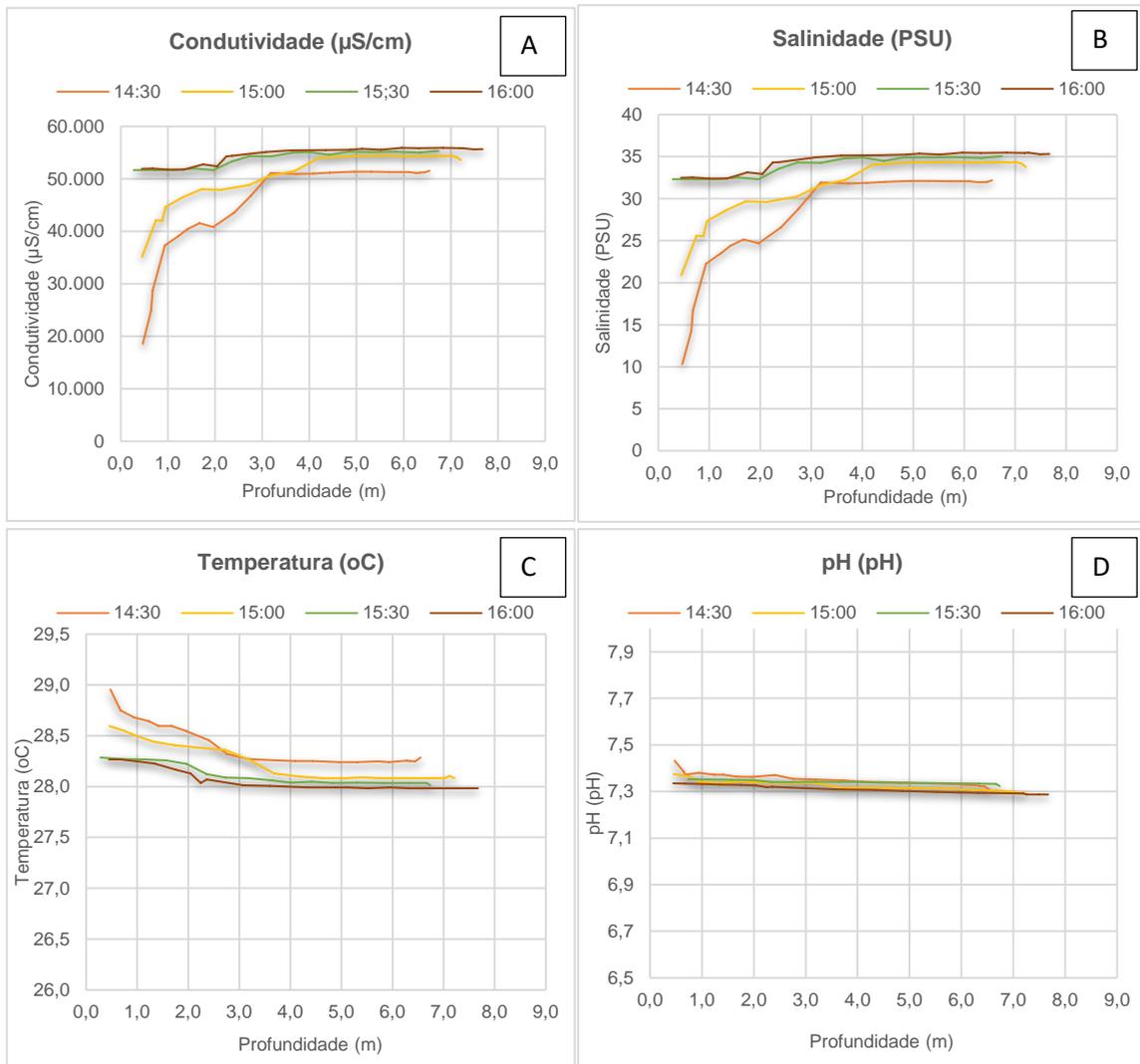
**Figura 15.** Simulação da condição de maré durante realização das medidas na Foz a jusante.

Os dados coletados na foz a jusante, formando um conjunto de 04 medidas realizadas às 14:30, 15:00, 15:30 e 16:00 horas, foram tratados estatisticamente e os resumos estão apresentados na Tabela 6. Na região, a altura máxima da coluna d'água, ou do leito do rio, atingiu 7,70 m.

**Tabela 8.** Variação dos parâmetros relacionados condutividade, salinidade, temperatura e pH no trecho da Foz a jusante.

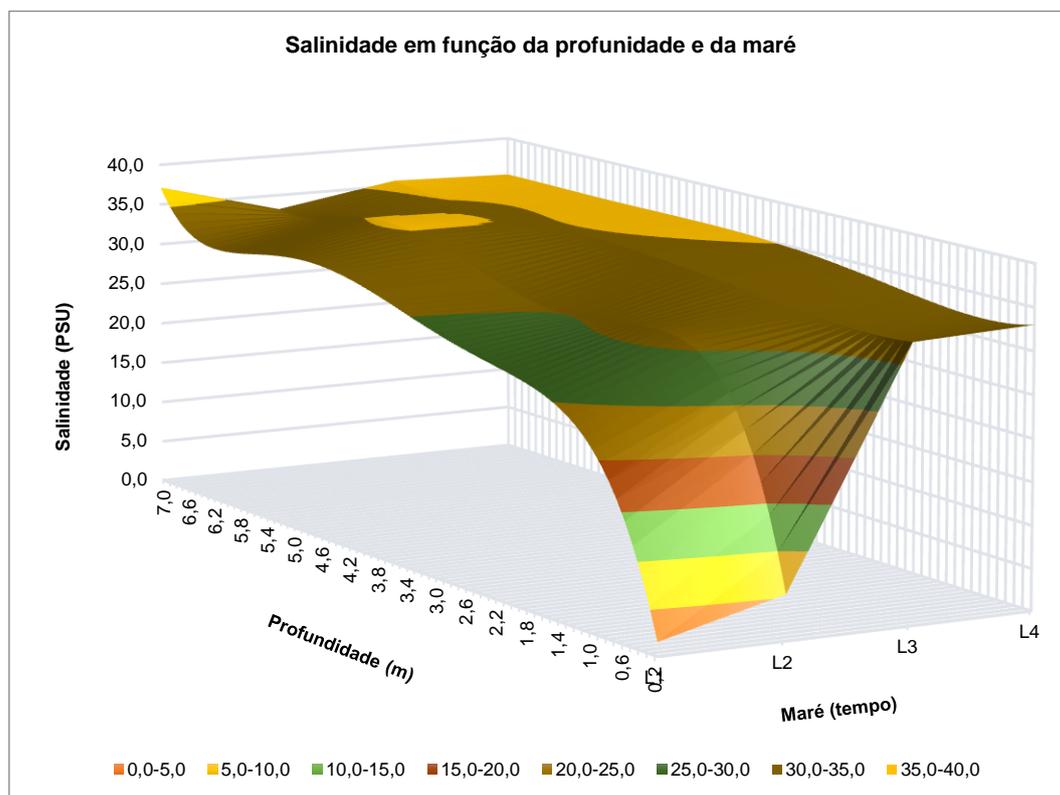
<b>Foz jus</b>																
Funções estatísticas	Propriedades 14:30				Propriedades 15:00				Propriedades 15:30				Propriedades 16:00			
	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH	Cond.	Sal.	Temp.	pH
	( $\mu\text{S/cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S/cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S/cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)	( $\mu\text{S/cm}$ )	(PSU)	( $^{\circ}\text{C}$ )	(pH)
Média	44653,8	27,5	28,4	7,4	50830,9	31,8	28,2	7,3	53891,8	34,0	28,1	7,3	52010,1	34,5	28,1	7,3
Desvio padrão	9587,7	6,5	0,2	0,0	5225,6	3,7	0,2	0,0	1511,3	1,1	0,1	0,0	11725,2	1,2	0,1	0,0
Mínimo	18525,2	10,3	28,2	7,3	35122,9	20,9	28,1	7,3	51654,5	32,3	28,0	7,3	0,7	32,4	28,0	7,3
Máximo	51494,2	32,2	29,0	7,4	54426,1	34,4	28,6	7,4	55291,5	35,0	28,3	7,4	55876,6	35,5	28,3	7,3
N	23	23	23	23	25	25	25	25	17	17	17	16	21	21	21	21
Limite de Decisão	-	-	0,002	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,052

Conforme pode ser observado, a partir dos Gráficos A e B da Figura 16, tanto a subida da maré quanto o aumento da profundidade no trecho avaliado contribuem para elevação expressiva da salinidade e da condutividade ao longo do tempo e em profundidade. Nessa região os gradientes podem ser bem representados pelas linhas íngremes observadas a partir das leituras realizadas às 14:30 e 15:00 horas, ocasiões em que a maré ainda avançava em direção ao continente. Conforme a maré avança a água salina tende a subir ocupando as zonas superficiais.



**Figure 16.** Gráficos dos parâmetros físico-químicos coletados na Foz a jusante em função da profundidade.

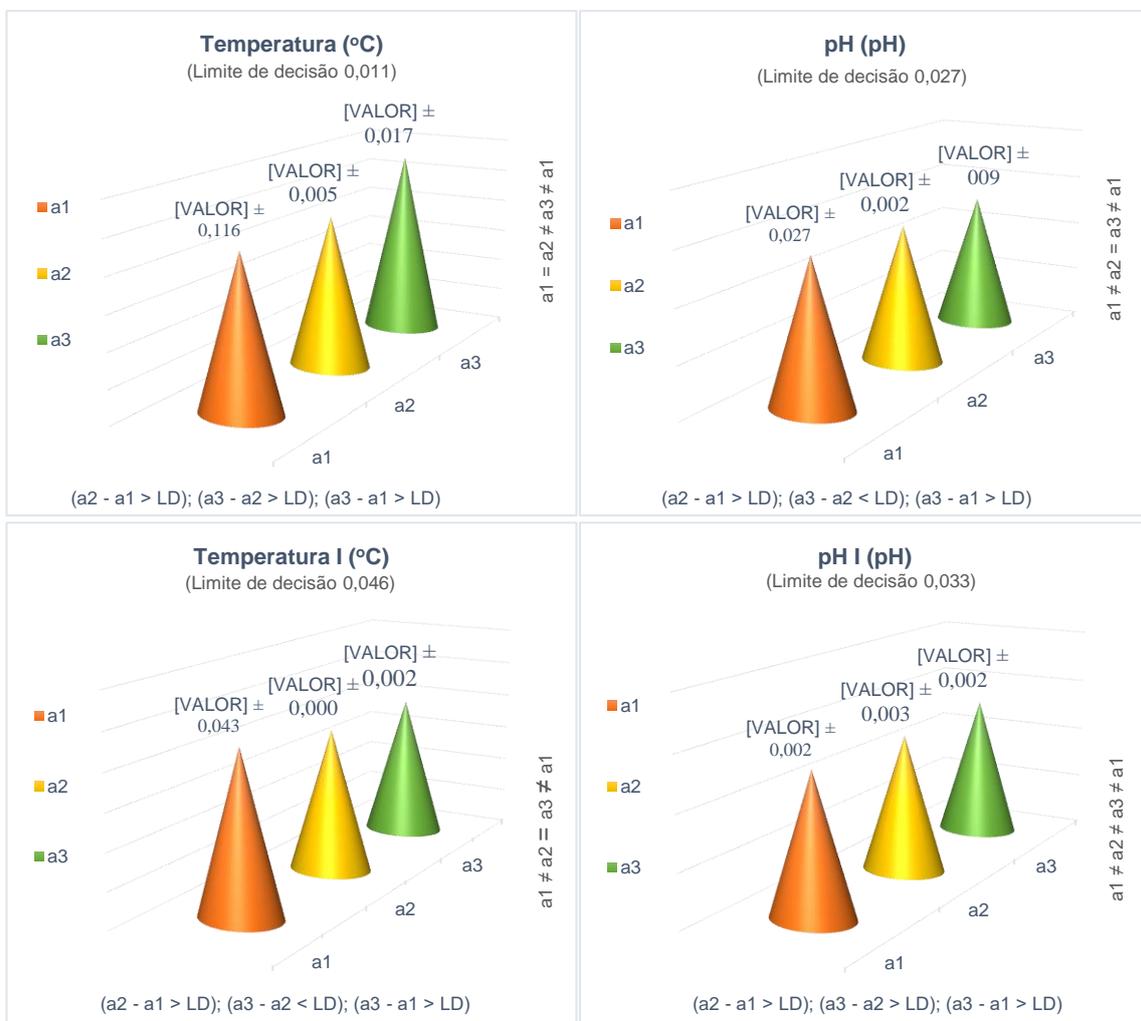
A partir dos dados coletados, foi possível observar que às 16:00 ocorre a inversão fluxo natural do Rio, a força da maré vence força da descarga do rio tornando a água do estuário completamente salina desde a superfície ao fundo. Nesse instante a salinidade registrada, entre 32 e 35 PSU, varia muito pouco entre fundo e superfície (Figura 17).



**Figura 17.** Salinidade em função profundidade e da maré (simulação) em perspectiva.

De acordo com estudo realizado por Souza (2015), durante o mês de fevereiro de 2014, em condições de maré Sízgia e enchente (altura em torno de 2,0 metros), foi possível observar que na região ocorre forte estratificação salina do tipo cunha salina. O autor registou salinidade superficial oscilando entre 4 a 18 g/kg, atingindo valores de até 35 g/kg, em apenas 2 metros de profundidade. O autor relatou que a estratificação do tipo cunha salina se manteve durante o intervalo avaliado. Entretanto, ocorreu alteração no grau de intensidade e posição ao longo da coluna d'água. Durante os picos de maré vazante o fluxo da corrente do rio predomina sobre a força da maré e empurra água doce em direção a foz, forçando a estratificação de salinidade para as camadas mais profundas do canal principal.

As análises estatísticas permitem inferir que temperatura e pH sofrem alterações ao longo da coluna d'água, como é possível observar a partir da Figura 18, gráficos A, B, C e D. A tendência para ambos os parâmetros é de apresentarem gradiente com diminuição dos valores da superfície em direção ao fundo. De acordo com Machado (2011) a variação vertical da temperatura é menor em ambientes estuarinos do que em às águas oceânicas, tendendo a apresentar pouca estratificação vertical em decorrência da reduzida altura da coluna d'água em relação ao ambiente marinho, haja visto que a ação dos ventos acaba misturando as águas, podendo torna-las mais homogêneas. Contudo, ainda assim, é possível observar pequena expressão desta variação vertical. Essa componente tende a ser afetada positivamente em direção à superfície pela incidência direta dos raios solares.



**Figura 18.** Gráficos dos resultados das análises estatísticas da condutividade, salinidade, temperatura e pressão em função da evolução da profundidade em Piaçabuçu

a montante foz jusante. Em que a1, a2 e a3 são referentes as médias dos parâmetros medidos à superfície, meio e fundo, respectivamente, às 14h e 30 min, gráficos A e B, às 16 h gráficos C e D.

*Da zona de maré do rio (ZM) à zona costeira (ZC)*

De acordo com Kjerfve (1987), regiões estuarinas são zoneadas tendo como bases os processos de mistura, circulação e estratificação da salinidade. Sendo divididas em três sessões:

- Zona de Maré do rio (ZR): caracterizada como porção fluvial sujeita à influência a ação da maré, contudo, apresentando salinidade praticamente zero;
- Zona de Mistura (ZM): região de acentuada variação longitudinal e vertical da salinidade, provocada pela mistura da água doce da drenagem continental com a água salgada do mar;
- Zona Costeira (ZC): porção costeira adjacente, que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC).

A região costeira do São Francisco é denominada pelo regime de ondas de alta energia e por mesomares do tipo semi-diurno com marés de sizígia atingindo 2,6 m. As águas Tropicais de Superfície (ATS) da Corrente Sul Equatorial (CSE) predominam sobre a plataforma continental e influenciam diretamente as águas costeiras. Na região, a profundidade do rio varia, podendo chegar a atingir aproximadamente 14 m próximos à foz (Medeiros, Knoppers & Souza, 2007).

A área do estuário está delimitada a 10° 17' - 10° 31' S e 36° 25' - 36° 36' W. Seu clima é classificado como quente e úmido, com precipitação acumulada anual variando entre 1.250 mm e 1.500 mm, cuja estação chuvosa ocorre entre os meses de maio a julho (Cotovicz Jr., Libardoni, Knoppers, Brandini & Abril, 2016)

No mês anterior à Expedição, por determinação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e concordância da Agência Nacional de Águas (ANA), a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), no dia 22 de outubro de 2019 elevou a vazão no Rio São Francisco. O aumento da vazão, que passou do patamar médio diário, em dias úteis, de 950m<sup>3</sup>/s (metro cúbicos por segundo) para 1.280m<sup>3</sup>/s, ocorreu a partir do reservatório de Xingó, na divisa de Alagoas e Sergipe. Além de ter como objetivo atender às necessidades eletro energéticas dos meses de outubro e

novembro, quando se registra menor geração de energia eólica na região Nordeste, esperava-se que o aumento das correntes no rio impedisse que o óleo, oriundo do derramamento de petróleo nas praias do nordeste, adentrasse o estuário (CHESF, 2019; UOL NOTÍCIAS, 2019).

Segundo Piratoba (2017) um dos parâmetros que sofre alteração de acordo com a qualidade da água é a condutividade elétrica. Esse importante parâmetro pode revelar modificações na composição dos corpos d'água sem, contudo, determinar quantidades e componentes. A condutividade da água está, estatisticamente, correlacionada com a concentração de íons e de diversos elementos, já nas regiões tropicais, está relacionada com a periodicidade de precipitações, bem como, com as características geoquímicas da região.

Dentre os parâmetros utilizados para indicar a qualidade de um corpo hídrico está o pH. De acordo com Vanzela, Hernandez e Francom (2010) vários são os fatores que podem concorrer para a alteração do pH de um corpo hídrico. A redução do pH pode estar relacionada, por exemplo, com a presença áreas agricultadas, matas degradadas, moradias no entorno do corpo hídrico, em função do maior escoamento superficial provocado por carreamento de sólidos ou em decorrência do processo de oxidação do excesso de matéria orgânica pelos microrganismos aeróbicos com consequente liberação de gás carbônico na água. Conforme Silva e colaboradores (2009), as alterações de pH nos corpos hídricos também podem ser provocados pela presença de água da chuva. O aumento no volume de água dos rios pode fazer com que a acidez da água diminua provocando a elevação do pH e fazendo com que ele se aproxime da neutralidade em função da maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido.

Na avaliação da qualidade da água a temperatura é parâmetro importante não apenas por sofrer alterações sazonais e locais, mas, também porque alterações bruscas ou significativas impactam diretamente na velocidade de reações químicas e biológicas, na taxa de solubilidade do oxigênio dissolvido e na densidade da água. Além disso, temperaturas mais elevadas podem tornar alguns compostos mais tóxicos para os organismos aquáticos ou afetar a sobrevivência de alguns organismos estenotérmicos. Alterações nesse parâmetro podem ser provocadas por causas naturais, como incidência de energia solar, ou por fatores antropogênicos, como despejos de efluentes industriais (Manzoli & Paiva, 2011).

## CONCLUSÃO

As análises dos dados permitiram observar que na região de Penedo a maré não tem influência sobre a salinidade do rio, podendo as águas no ponto avaliado serem classificadas como doce e a região como Zona de Maré do rio. Em Piaçabuçu a maré passa a ter influência significativa na salinidade e condutividade. No trecho, a entrada da cunha salina, proporcionada pela maré enchente, altera a salinidade da água podendo torná-la salobra na camada de fundo, contudo, mantendo as águas das camadas superficiais doce. Nessa região é possível observar claramente o gradiente de salinidade proporcionado pelo seu avanço em cunha, característica do estuário com estratificação em cunha salina. Em baixa-mar a águas de superfície e de fundo se encontram enquadradas como água doce e/ou salobra. De acordo com os dados coletados essa região pode ser caracterizada como Zona de Mistura. Na região de foz, a jusante, sob condição de topo de maré a salinidade é significativamente marcante desde a superfície ao fundo, apresentando salinidade equivalente a água do mar, acima de 30 PSU, sendo classificada como águas salinas. A análises dos dados permitem classificar a região como Zona Costeira.

Durantes os intervalos avaliados a temperatura se mostraram constante longitudinalmente, não apresentando variação expressiva a ser considerada entre os cinco pontos avaliados. Contudo, verticalmente, foi possível observar discreta tendência de elevação em gradiente do fundo em relação a superfície, que pode ser ocasionada tanto pela influência da incidência da radiação solar sobre as águas superficiais como também pelo avanço da cunha salina trazendo massa água mais diretamente do oceano. O pH foi um dos parâmetros que mais sofreu variação horizontal e vertical sinalizando a forte influência da maré e da estratificação salina da coluna da d'água e/ou da presença de matéria orgânica em algumas regiões analisadas.

Apesar dos resultados apontarem para as condições acima descritas, é necessário considerar a influência que a elevação do fluxo do rio teve sobre os parâmetros avaliados. Sendo essencial a continuidade dos estudos para futuras comparações tendo

em vista as possíveis modificações provocadas na dinâmica do rio sob a ação desse interferente.

## **DESAFIOS ENFRENTADOS**

Durante a expedição lidamos com alguns imprevistos referentes a disponibilidade de embarcação para incursão aos pontos nos horários pré-estabelecidos, bem como problemas com a disposição destas para a permanência nos pontos de coleta. O barco utilizado nos primeiros dias era compartilhado entre as equipes responsáveis pela Limnologia e captura de biodiversidade para estudos. Esse fator afetou a uniformização das amostragens.

Realizar os registros dos dados ao longo do perfil vertical no mesmo ponto converteu-se em dificuldade devido a forte correnteza nos canais mais profundos do rio. Ao lançarmos a sonda ela era arrastada pela correnteza não alcançando o leito. Utilizamos uma âncora reserva com um anel preso à corda e à sonda. Dessa forma o anel preso à sonda deslizava pela corda da âncora percorrendo sempre o mesmo caminho garantido que sonda não fosse levada pela correnteza e que estávamos realizando medidas no mesmo ponto e em profundidade.

Outro problema enfrentado foi quanto a variação da condição de maré durante as tomadas de medidas, o que tornou a avaliação da sua influência sobre os parâmetros físico-químicos um pouco mais complexa. O ideal é que em cada ponto seja acompanhada e registrada toda evolução de um ciclo.

Também é preciso destacar o impacto que teve o tipo de embarcação utilizada nos primeiros dias sobre as coletas. Embarcações do tipo voadeira apresentam pouca estabilidade, incidência direta de sol e espaço reduzido em seu interior o que dificulta a longa permanência no ponto de coleta, tanto pela dificuldade de locomoção dentro do barco, como por dificultar a visualização da tela do computador durante o registro de dados. Contudo, o aluguel de um barco com cobertura, mais estabilidade e espaço para permanecer à disposição somente da equipe do presente trabalho permitiu melhor planejamento e execução na coleta de amostras.

Por fim, pode comprometer o tempo de coleta ausência de baterias extra nos equipamentos de registro de dados (celulares e notebooks). Compreendemos que estar com dois notebooks a bordo, ambos com carga e com bateria seria o ideal. Os celulares também devem contar com bateria reserva caso seja usado na função GPS e para registro de imagens.

## REFERÊNCIAS

- (CHESF), C. H. E. DO S. F. **Chesf aumenta vazão no Rio São Francisco em Xingó.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.sertaonahora.com.br/noticia/26286/chesf-aumenta-vazao-no-rio-sao-francisco-em-xingo.html>>.
- BASILIO, T.; GODINHO, W. Ictiofauna do estuário do Rio Curu, Ceará, Brasil. **Arq. Ciên. Mar**, v. 42, n. 2, p. 81–88, 2008.
- COTOVICZ L. C. JR., LIBARDONI B. G., BRANDINI, B. A., K. G. A. Comparações entre medições em tempo real da PCO<sub>2</sub> aquática com estimativas indiretas em dois estuários tropicais contrastantes: o estuário eutrofizado da Baía de Guanabara (RJ) e o estuário oligotrófico do Rio São Francisco (AL). **Quím. Nova**, v. 39, n. 10, p. 1206–1214, 2016.
- COUCEIRO, M. A. A.; SCHETTINI, C. A. F. Estudo da dinâmica dos sedimentos em suspensão do estuário do Rio Rarangua (SC): Possíveis efeitos da drenagem ácida da atividade de mineração de carvão. **Geociências**, v. 29, n. 2, p. 251–266, 2010.
- FONSECA, S. L. M. **Efeito da redução da vazão de restrição defluente da barragem de Xingó na salinidade da água no baixo trecho do Rio São Francisco.** [s.l.] Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2018.
- GREGO C. K. S., F. F. A. N.; DA SILVA H., MONTES M. F., D. J. M. Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplânctônica e hidrologia do estuário do Rio Timbó (Paulista – PE). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 2, p. 181–199, 2017.
- KJERFVE B. **Hydrodynamics of estuaries.** vol. 2 ed. Boca Raton: [s.n.].
- MACHADO, C. G.; PROGRAMA, U.; GEOLOGIA, D. P. Caracterização química dos agregados e sedimentos superficiais na zona de máxima turbidez no complexo estuarino de Paranaguá ( CEP ). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 64, p. 40–47, 2011.
- MANZOLLI, R. P.; PAIVA, L. P. E M. Oceanografia Química. In: **Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático.** [s.l.: s.n.]. p. 461.
- MEDEIROS P. R. P., KNOPPERS B. A., DOS S. J. R. C.; DE SOUZA; W.F.L. Aporte fluvial e dispersão de matéria particulada em suspensão na zona costeira do Rio São Francisco (SE/AL). **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, n. 2, p. 212–231, 2007.
- MEDEIROS, P. R. P.; CAVALCANTE SEGUNDO, G. H.; MAGALHÃES, E. M. M. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). **Geochimica Brasiliensis**, v. 29, n. 1, p. 34–44, 2015.

- MOLISANI, MAURICIO MUSSI, CRUZ, ANDRÉ LUIZ VIANA, MAIA, L. P. Estimativa da descarga fluvial para os estuários do Estado do Ceará, Brasil, Estimation of the freshwater river discharge to estuaries in... **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 39, p. 53–60, 2006.
- PIRATOBA A. R. A., RIBEIRO H. M. C., ORALES G. P. M, G. W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Agua**, v. 12, n. 3, p. 435–456, 2017.
- SANTOS T. G. D.; BEZERRA-JUNIOR J. L. , COSTA K. M. P., N. F. F. A. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). **Rev. Bras. Enga. Pesca**, v. 4, n. 1, p. 95–109, 2009.
- SANTOS, T. O. et al. Caracterização estrutural de bosques de mangue: Estuário do São Francisco. **Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1–7, 2012.
- SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A.T., W. A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733–742, 2009.
- SOUZA, R. M. G. **Caracterização hidrodinâmica e estimativa do transporte de sal no estuário do Rio São Francisco – AL/SE**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, 2015.
- UOL, N. **ANA ampliará vazão de Xingó se houver risco de contaminação do São Francisco por petróleo**. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2019/10/11/ana-ampliara-vazao-de-xingo-se-houver-risco-de-contaminacao-do-sao-francisco-por-petroleo.htm>>. Acesso em: 20 set. 2012.
- VANZELA, L. T.; FERNANDO B. T. HERNANDEZ, R. A. F. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.



## A Salinidade da Água no Baixo Rio São Francisco

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>

### RESUMO

Mudanças ambientais severas têm sido diagnosticadas no curso do rio São Francisco, especialmente na região do baixo São Francisco, até a sua foz. Visando fortalecer esse diagnóstico e monitorar aspectos sócio-ambientais, foi realizada a II 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 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:** Qualidade da água; cunha salina.

<sup>1</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Alagoas, Penedo, Alagoas.

## INTRODUÇÃO

A intrusão salina e a poluição hídrica na região do BSF (Baixo São Francisco) já foram diagnosticadas e 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).

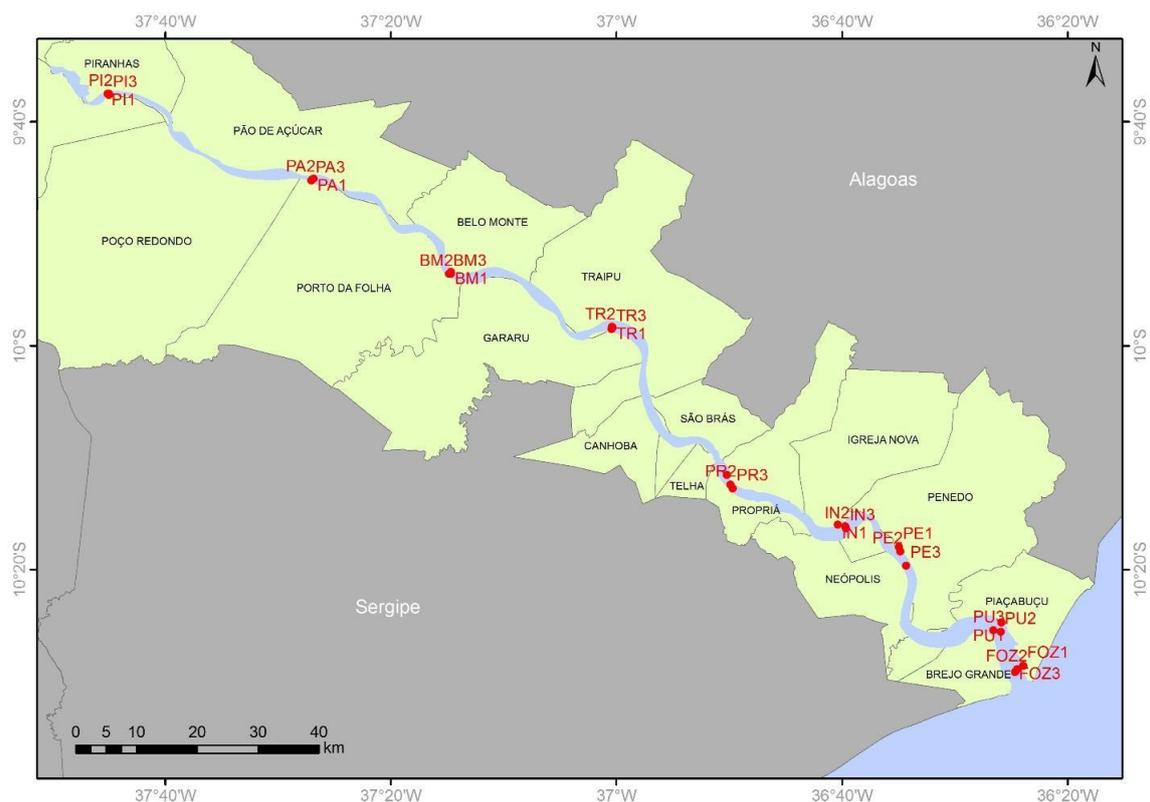
O regime de vazões do rio São Francisco nessa região é regido pelos reservatórios localizados nas partes mais altas da bacia, como as barragens de Sobradinho, Itaparica e Xingó, cujas afluências foram reduzidas nos últimos anos, devido ao uso inadequado da terra, com redução da produção de água na bacia 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 sergipianos 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), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) na água foram feitas com espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS), modelo Varian Spectr 55B AA no Laboratório de Estudos Ambientais (Labeia) da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. As curvas de calibração foram preparadas com soluções padrões multielementares SpecSol®. 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 Aquaread AP 2000. 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.

<b>Município</b>	<b>Ponto</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
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 3.** Procedimentos de coleta de amostras de água e medição na II Expedição do Baixo Rio São Francisco em novembro de 2019.

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). Os valores limites utilizados bem como as respectivas fontes de consulta estão listados na 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.

<b>Parâmetro</b>	<b>Limites</b>	<b>Fonte</b>
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> )	Nenhuma < 0,7	
Restrição para irrigação	0,7 < Moderada < 3,0 Severa > 3,0	
SDT	2000,0 mg/L	FAO
Na <sup>+</sup>	900,0 mg/L	(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	
Cl <sup>-</sup>	250,0 mg/L	
Cu	2,0 mg/L	Portaria 05/2017 MS
Fe	0,3 mg/L	Potabilidade
Mn	0,1 mg/L	
Zn	5,0 mg/L	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas coletadas, tanto em superfície quanto no fundo, da localidade de Piranhas até 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  $0,03 \pm 0,007$  ‰ e valores mínimos de 0,02‰ e máximos de 0,04‰ (Tabela 3). Os valores de Condutividade Elétrica (CE) apresentaram média de  $0,05 \pm 0,003$  dS/cm e de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) de  $46,86 \pm 9,75$  mg/L, estando as águas classificadas como de nenhuma restrição ao seu uso para fins de irrigação de culturas segundo a FAO (Tabela 2).

Os níveis de sódio ( $\text{Na}^+$ ) das águas superficiais e de fundo dos pontos no trecho em questão apresentaram concentração média de  $3,62 \pm 0,19$  mg/L e valores mínimos de 3,31 mg/L e máximos de 3,89 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 ( $\text{Ca}^{++}$ ) ( $5,78 \pm 0,33$  mg/L), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ) ( $5,78 \pm 0,33$  mg/L) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) ( $3,73 \pm 0,30$  mg/L), mostraram-se inferiores aos limites relativos ao uso para irrigação, bem como aos padrões de potabilidade, no caso do cloreto.

As concentrações médias de cobre ( $0,03 \pm 0,01$  mg/L), ferro ( $0,05 \pm 0,01$  mg/L), manganês ( $0,01 \pm 0,004$  mg/L) e zinco ( $0,02 \pm 0,004$  mg/L) observados nas águas coletadas entre Piranhas e Neópolis apresentaram valores abaixo dos limites de 2,0 mg/L, 0,3 mg/L, 0,1 mg/L e 5,0 mg/L, respectivamente, estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde. Segundo Bassoi & Guazelli (2004) valores de cobre inferiores a 0,02 mg/L são usuais em águas doces, assim como zinco em concentrações de 0,001 a 0,10 mg/L e de manganês da ordem de 0,2 mg/L, raramente ultrapassando 1,0 mg/L. Os valores descritos pelos autores acima estão na mesma ordem de grandeza ou superiores àqueles obtidos nas águas doces do Baixo São Francisco.

**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).

<b>Param.</b>	<b>Temp</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>SDT</b>	<b>Sal</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Cl</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Unid.</b>	<b>°C</b>		<b>dS/cm</b>	<b>mg/L</b>	<b>ppt</b>	<b>mg/L</b>							
<b>Média</b>	26,72	8,16	0,05	46,86	0,03	3,62	5,78	2,01	3,73	0,03	0,05	0,01	0,02
<b>D.P.</b>	1,27	1,26	0,003	9,75	0,007	0,19	0,33	0,08	0,30	0,01	0,01	0,004	0,004
<b>Min.</b>	24,95	6,69	0,05	40,00	0,02	3,31	5,21	1,86	3,50	0,02	0,03	0,01	0,02
<b>Max.</b>	28,42	10,50	0,06	68,33	0,04	3,89	6,07	2,14	4,31	0,04	0,07	0,02	0,03

Nos pontos de amostragem no rio São Francisco nos municípios de Piaçabuçu e Brejo Grande, as águas coletadas em superfície (Tabela 4) e em profundidade (Tabela 5) 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 superficial média variou de 0,03‰ a 11,37 ‰ (Figura 3), e de 0,03‰ a 11,72‰ nas águas de fundo (Figura 4) 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.

As águas amostradas no fundo apresentaram maiores teores de sais devido a presença da cunha salina, que apresenta maior densidade que a água doce, se distribuindo assim, abaixo de águas superficiais de menores salinidades e densidades.

Segundo a classificação da FAO (Tabela 2), as águas superficiais 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 de concentrações acima do recomendado para CE, SDT, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> e Cl<sup>-</sup>. Considerando as concentrações médias 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.

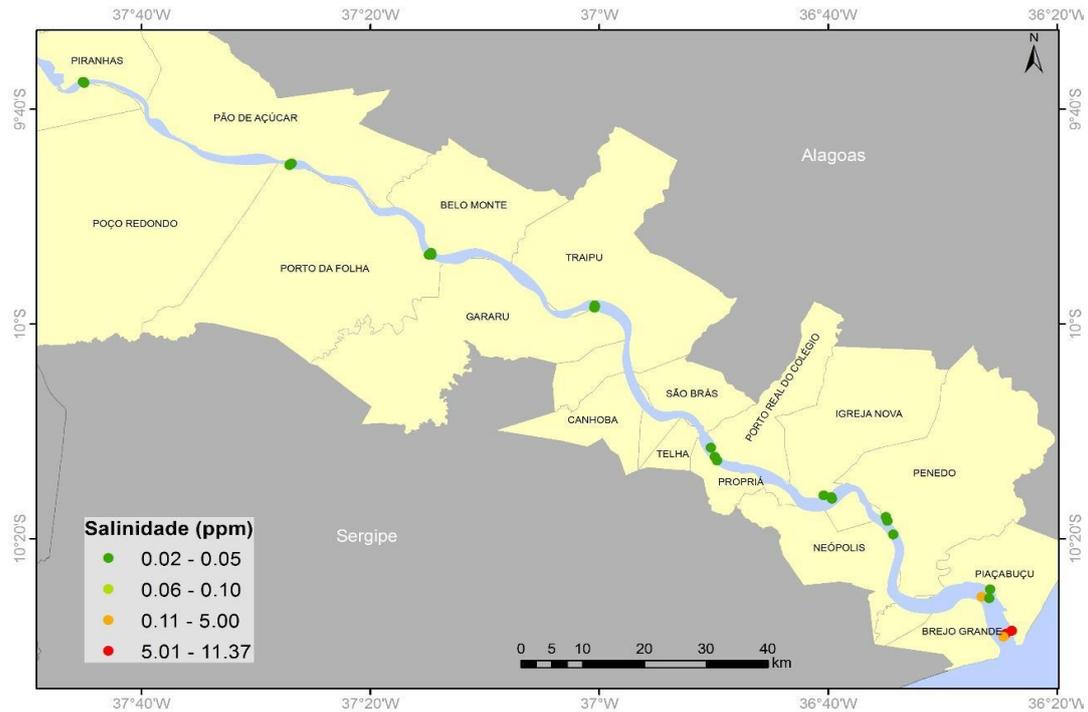
Os maiores valores de concentração das variáveis relacionadas à salinidade, foram registradas nas amostras em profundidade em Brejo Grande, os valores máximos que atingiram, por exemplo, salinidade de 11,72‰, acima do limite de 0,5‰ para água doce, Tabela 2); ainda considerando a restrição ao uso da água em atividades agrícolas (Tabela 2), valores máximos de: CE de 45,0 dS.m<sup>-1</sup> (limite de 3,0 dS.m<sup>-1</sup>), SDT de 12850,0 mg/L (limite de 2000,0 mg/L), concentrações de Na<sup>+</sup> (9980,0 mg/L >> limite de 900 mg/L), Ca<sup>++</sup> (434,0 mg/L > 400 mg/L), Mg<sup>++</sup> (1290,0 mg/L >> 60 mg/L) e Cl<sup>-</sup> (19330,0 mg/L >> 1000 mg/L). Em relação as restrições ao uso para abastecimento humano (Tabela 2): valores máximos de Na<sup>+</sup> (9980,0 mg/L >> limite de 200 mg/L) e Cl<sup>-</sup> (19330,0 mg/L >> 250 mg/L), esses valores acima do limite ressaltam o alto grau de influência da cunha salina na região, principalmente nas águas em profundidade.

**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.

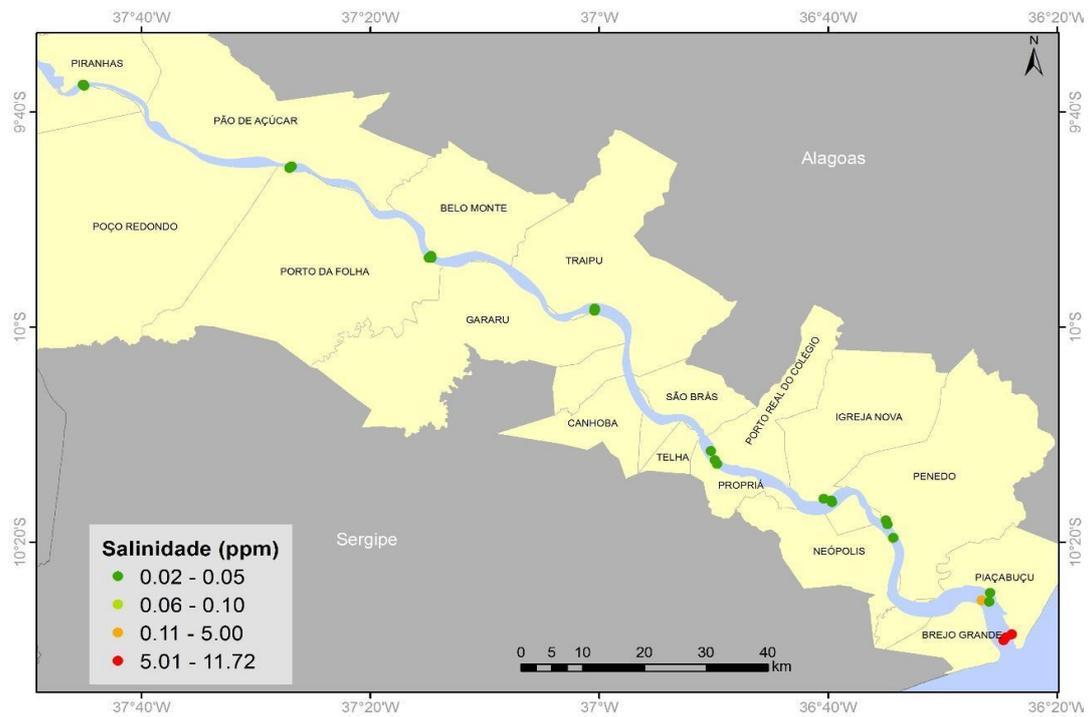
<b>Param</b>	<b>Temp</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>SDT</b>	<b>Sal</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Cl</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Unid.</b>	<b>°C</b>		<b>dS/cm</b>	<b>mg/L</b>	<b>ppt</b>	<b>mg/L</b>							
<b>Média</b>	28,96	8,14	12,52	4244,50	3,71	2580,92	108,61	310,68	4909,96	0,03	0,07	0,01	0,02
<b>D.P.</b>	0,53	0,08	18,38	4651,66	4,24	3750,64	147,37	464,15	7550,28	0,01	0,03	0,01	0,00
<b>Min.</b>	28,28	8,01	0,05	47,00	0,03	4,68	5,89	2,19	5,67	0,01	0,03	0,00	0,02
<b>Max.</b>	29,61	8,23	46,00	12490,00	11,37	9370,00	377,00	1185,00	19060,00	0,04	0,11	0,03	0,03

**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>Param</b>	<b>Temp</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>SDT</b>	<b>Sal</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Cl</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Unid.</b>	<b>°C</b>		<b>dS/cm</b>	<b>mg/L</b>	<b>ppt</b>	<b>mg/L</b>							
<b>Média</b>	28,60	8,15	19,36	6645,33	6,08	4395,04	183,21	520,51	7446,40	0,03	0,08	0,03	0,04
<b>D.P.</b>	0,47	0,03	18,45	5790,79	5,23	4247,16	175,65	524,80	7629,38	0,02	0,03	0,01	0,02
<b>Min.</b>	27,91	8,11	0,06	43,00	0,03	4,42	6,01	2,17	5,43	0,02	0,04	0,02	0,01
<b>Max.</b>	29,30	8,19	45,00	12850,00	11,72	9980,00	434,00	1290,00	19330,00	0,07	0,12	0,04	0,06



**Figura 3.** Variação da salinidade nas amostras de águas de superfície coletadas na II Expedição Científica do Baixo Rio São Francisco.



**Figura 4.** Variação da salinidade nas amostras de águas em profundidade coletadas na II Expedição Científica do Baixo Rio São Francisco.

Em relação aos limites estabelecidos para os demais cátions previstos na Portaria do MS, os níveis médios nas águas superficiais e de fundo não se mostraram muito diferentes: cobre de  $0,03 \pm 0,01$  mg/L e  $0,03 \pm 0,02$  mg/L; ferro de  $0,07 \pm 0,03$  mg/L e  $0,08 \pm 0,03$  mg/L; manganês de  $0,01 \pm 0,01$  mg/L e  $0,03 \pm 0,01$  mg/L e zinco de  $0,02 \pm 0,001$  mg/L e  $0,04 \pm 0,02$  mg/L, respectivamente, e encontram-se abaixo do limite estabelecido para consumo humano.

A análise da influência entre as variáveis medidas foi realizada por meio da matriz de correlação. Na Tabela 6 está apresentada a matriz, onde pode ser observada uma alta correlação ( $>0,9$ ) entre as variáveis, CE, SDT, Salinidade, sódio, cálcio, magnésio e cloreto, os últimos, que se constituem em cátions e ânions diretamente relacionados com a composição dos sais presentes na água, corroborando a forte influência da água marinha, principalmente nos municípios de Brejo Grande e Piaçabuçu, por ocorrência das variações das marés diárias. Não foram observadas altas correlações que envolvam as variáveis temperatura e pH, assim como cobre. Correlações de grau intermediário (0,5 a 0,6), foram observadas entre CE, SDT, Salinidade, com relação a ferro, manganês e zinco, o que pode indicar a presença de associação entre as causas de alterações nas concentrações desses metais e a variação dos volumes do corpo hídrico por ocasião de maiores vazões no rio ou enchimento da maré.

**Tabela 6.** Matriz de correlação das variáveis medidas na II Expedição Científica do Baixo Rio São Francisco.

	<b>Temp</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>SDT</b>	<b>Sal</b>	<b>Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Cl</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Temp</b>	1	-0.338	0.358	0.409	0.408	0.365	0.360	0.346	0.334	-0.032	0.054	0.202	0.328
<b>pH</b>		1	0.006	0.009	0.007	0.006	0.004	0.006	0.006	0.314	-0.023	0.363	-0.116
<b>CE</b>			1	<b>0.985</b>	<b>0.986</b>	<b>0.995</b>	<b>0.996</b>	<b>0.996</b>	<b>0.997</b>	-0.064	<b>0.566</b>	<b>0.606</b>	<b>0.579</b>
<b>SDT</b>				1	1.000	<b>0.984</b>	<b>0.981</b>	<b>0.973</b>	<b>0.969</b>	-0.043	<b>0.577</b>	<b>0.600</b>	<b>0.577</b>
<b>Sal</b>					1	<b>0.985</b>	<b>0.982</b>	<b>0.975</b>	<b>0.971</b>	-0.049	<b>0.580</b>	<b>0.601</b>	<b>0.580</b>
<b>Na</b>						1	<b>0.999</b>	<b>0.998</b>	<b>0.993</b>	-0.060	<b>0.566</b>	<b>0.615</b>	<b>0.544</b>
<b>Ca</b>							1	<b>0.999</b>	<b>0.996</b>	-0.069	<b>0.570</b>	<b>0.614</b>	<b>0.548</b>
<b>Mg</b>								1	<b>0.998</b>	-0.075	<b>0.567</b>	<b>0.613</b>	<b>0.548</b>
<b>Cl</b>									1	-0.076	<b>0.560</b>	<b>0.607</b>	<b>0.564</b>
<b>Cu</b>										1	-0.078	0.144	-0.105
<b>Fe</b>											1	0.361	<b>0.653</b>
<b>Mn</b>												1	0.232
<b>Zn</b>													1

## 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, 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

- Bassoí, 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.



## **Análise da Transparência, Sólidos Totais Dissolvidos e Temperatura da Água no Baixo Rio São Francisco**

Petrônio Alves Coelho Filho<sup>1</sup>, Jhennipher da Silva Pereira<sup>2</sup>, Marcus Aurélio Soares Cruz<sup>3</sup>, Silvânio Silvério Lopes da Costa<sup>4</sup>, Carlos Alberto da Silva<sup>3</sup>, Marco Yves de Aguiar Vitório Praxedes<sup>1</sup>

### **RESUMO**

O presente relatório traz uma análise da dinâmica de sólidos dissolvidos, transparência, e temperatura da água no baixo São Francisco durante a II expedição do rio São Francisco. Para tal, foram coletadas amostras de água superficial e próximo ao fundo, em 27 pontos de amostragem entre Piranhas e a Foz do rio. Na região que compreende Piranhas e Penedo foram observadas maiores transparência da água e menores concentrações de sólidos dissolvidos evidenciando águas mais transparentes. Já em Piaçabuçu e na foz do rio, as concentrações de sólidos foram bem superiores, diminuindo, desta forma a transparência da água, fato que pode estar associado à presença da cunha salina e maior turbulência na região da foz. Quanto à temperatura, foi observada pouca variação entre as camadas de superfície e fundo, não havendo estratificação térmica na região do baixo São Francisco. Temperaturas relativamente mais altas foram observadas na foz do rio. Os resultados mostraram que durante o período estudado o Baixo São Francisco apresentou águas claras com estrutura térmica estável.

**Palavras chave:** Água superficial, cunha salina, estratificação térmica.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas, Penedo, Alagoas.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

<sup>3</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe.

## INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem continentais constituem a principal via de transporte de sedimentos, nutrientes e outros materiais sob formas dissolvidas e/ou particuladas para os oceanos (Souza & Knoppers, 2003). A concentração de material particulado de um rio é influenciada diretamente por diversos fatores naturais da bacia, como a geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação natural, dentre outros. Ressalta-se, ainda, atividades antrópicas, como o uso desordenado do solo, supressão da cobertura vegetal e construção de barragens, ocasionando na alteração dos fluxos de descarga hídrica, sendo que, a depender de sua magnitude e intensidade, tendem a alterar a dinâmica natural de sedimentos em uma bacia, bem como em seu transporte para o ambiente marinho (Medeiros et al. 2011; Medeiros et al. 2014).

Os volumes de descarga podem influenciar, ainda, em fatores como o regime de salinidade, turbidez, concentração de nutrientes disponíveis e concentração de detritos, que, por sua vez, afetam diretamente a composição da biota local (Purthlebaugh & Allen, 2010).

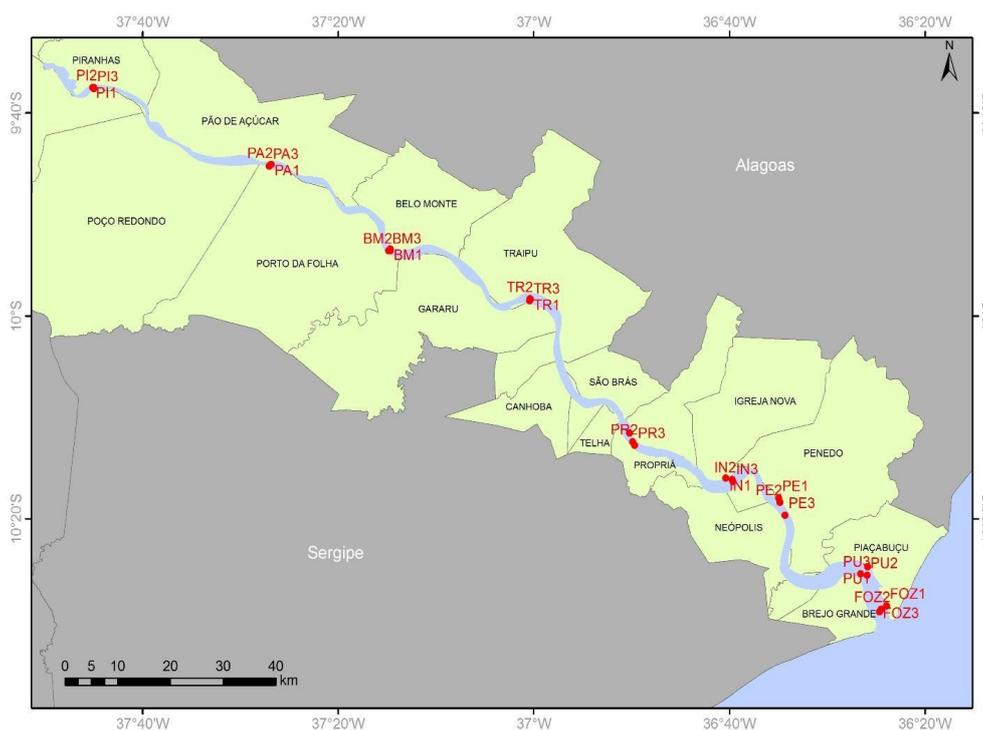
Outro fator importante relativo à qualidade da água e composição de organismos é a temperatura da água, sendo um dos parâmetros da qualidade ambiental associado à sensibilidade dos organismos vivos, tanto para os organismos que as habitam como os que a consomem, tornando esta atraente ou não para consumo, bem como a transparência, odor e sabor, sendo este um dos fatores físicos mais expressivos a ser determinado (Percebom et al. 2005).

O Rio São Francisco é um dos maiores rios da América do Sul, sendo também considerado o maior rio inteiramente nacional, possuindo uma área de 639.000 km<sup>2</sup>, com 2.700 km de extensão, correspondendo a aproximadamente 8% do território nacional, abrangendo 6 estados e 521 cidades, sendo um dos mais importantes para fornecimento de água para consumo, geração de energia e pesca (Brito & Magalhães, 2017; Silva et al. 2003; Silva et al. 2007), possui um sistema de barragens em cascata, com 6 barragens ao longo de seu curso, os quais apresentam uma série de impactos ambientais, que são comuns a outros rios que sofreram processos de barramento. Considerando a importância que o rio São Francisco possui, se faz necessário o desenvolvimento de trabalhos que busquem caracterizar a dinâmica hidrológica, bem como mitigar possíveis ações de manejo para minimizar impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas.

Com isso, o presente relatório traz uma análise da dinâmica de sólidos dissolvidos, transparência, e temperatura da água no baixo São Francisco durante a II expedição do rio São Francisco.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localizou-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).

Em cada ponto foram aferidas na camada sub-superficial (20cm) e próximo ao fundo através de uma sonda multi-parâmetros modelo YSI556 a temperatura da água e o total de sólidos dissolvidos (Figura 2). A transparência da água (ZDs) foi aferida a partir da profundidade de extinção de um disco de Secchi de ferro com 30cm de diâmetro, e a profundidade de compensação pela fórmula  $PC=ZDs \times 3$ . A profundidade local foi aferida através de uma ecossonda manual (Figura 2).



**Figura 2.** Aferição da profundidade e do total de sólidos dissolvidos durante a II Expedição do Baixo Rio São Francisco em novembro de 2019.

**Tabela 1.** Localização dos pontos de coleta de amostras de água no BSF.

<b>Município</b>	<b>Ponto</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
<b>Piranhas/AL</b>	PI1	-37.751278	-9.624347
	PI2	-37.749750	-9.624700
	PI3	-37.749370	-9.626304
<b>Pão de Açúcar/AL</b>	PA1	-37.447327	-9.750914
	PA2	-37.449494	-9.752503
	PA3	-37.450444	-9.753866
<b>Belo Monte/AL</b>	BM1	-37.244480	-9.889896
	BM2	-37.244013	-9.892764
	BM3	-37.247284	-9.892921
<b>Traipu/AL</b>	TR1	-37.006143	-9.971428
	TR2	-37.005506	-9.972609
	TR3	-37.006676	-9.974881
<b>Propriá/SE</b>	PR1	-36.836774	-10.192243
	PR2	-36.831299	-10.206496
	PR3	-36.827987	-10.212273
<b>Igreja Nova/AL</b>	IN1	-36.672528	-10.266311
	IN2	-36.661799	-10.268844
	IN3	-36.660687	-10.271721
<b>Penedo/AL</b>	PE1	-36.582383	-10.299611
	PE2	-36.580135	-10.306073
	PE3	-36.571452	-10.327155
<b>Piaçabuçu/AL</b>	PU1	-36.430666	-10.412070
	PU2	-36.431902	-10.426152
	PU3	-36.442632	-10.423743
<b>Brejo Grande/SE</b>	FOZ1	-36.398627	-10.476388
	FOZ2	-36.407867	-10.481488
	FOZ3	-36.410863	-10.485840

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transparência da água variou entre 6,5m em piranhas e 0,5m na região da foz do rio São Francisco, com média de  $2,28 \pm 1,67$  m (Tabela 3). Na região de Piaçabuçu e foz foi observada uma água mais turva, com média de  $1,12 \pm 0,71$  m, podendo estar associado as altas concentrações de sólidos presentes.

**Tabela 3.** Valores de temperatura, sólidos totais e transparência da água para o baixo rio São Francisco durante a II Expedição no Baixo rio São Francisco (Média  $\pm$  Desvio Padrão, Mínimo e Máximo).

	Temperatura (°C)		TDS (mg/L)		Transparência (m)
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	
Média	27,35	27,17	61,27	59,25	2,28
Desvio Padrão	1,56	1,53	22,61	18,79	1,67
Mínimo	24,60	23,60	43,00	43,00	0,50
Máximo	29,61	29,30	89,00	89,00	6,50

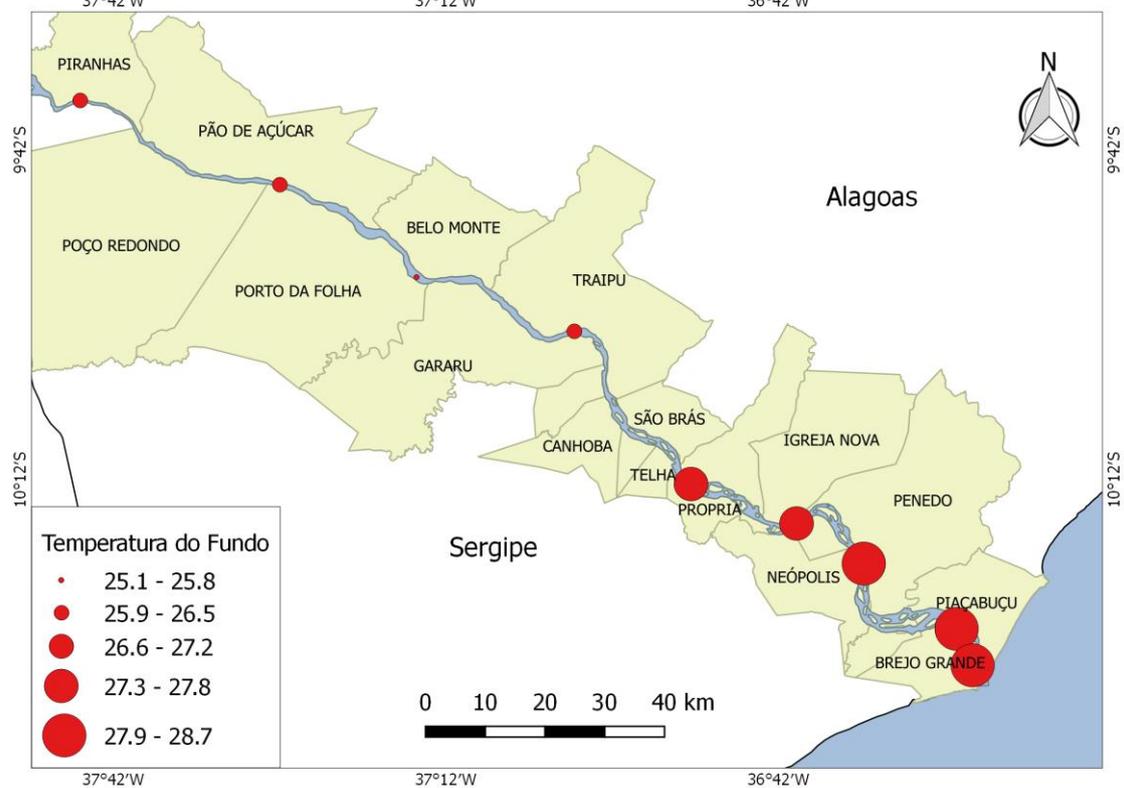
Foram observadas menores concentrações de sólidos dissolvidos no trecho entre Piranhas e Penedo, com média de  $61,22 \pm 22,60$  mg/L para a superfície e  $59,25 \pm 18,79$  mg/L para o fundo (Tabela 3). Já no trecho que compreende Piaçabuçu e foz do rio foram observadas maiores concentrações de sólidos dissolvidos, com média de  $4.244,5 \pm 4.651,66$  mg/L para a superfície e de  $6.647,17 \pm 5.788,28$  mg/L para o fundo (Tabela 4, Figura 3). Estes valores encontrados no segundo trecho estavam acima do determinado pela FAO para utilização no abastecimento público e em sistemas de irrigação, o qual estabelece um limite superior de 2.000,0 mg/L. Os maiores valores de sólidos dissolvidos em Piaçabuçu e na Foz podem estar sendo influenciados pela maior turbulência na região da foz do rio, e presença da cunha salina, além de outros fatores como vazão, precipitação, uso e ocupação do solo e a cobertura vegetal (Medeiros et al. 2015).

**Tabela 4.** Valores de temperatura, sólidos totais e transparência da água para trecho entre Piaçabuçu e foz do rio São Francisco durante a II Expedição no Baixo rio São Francisco (Média  $\pm$  Desvio Padrão, Mínimo e Máximo).

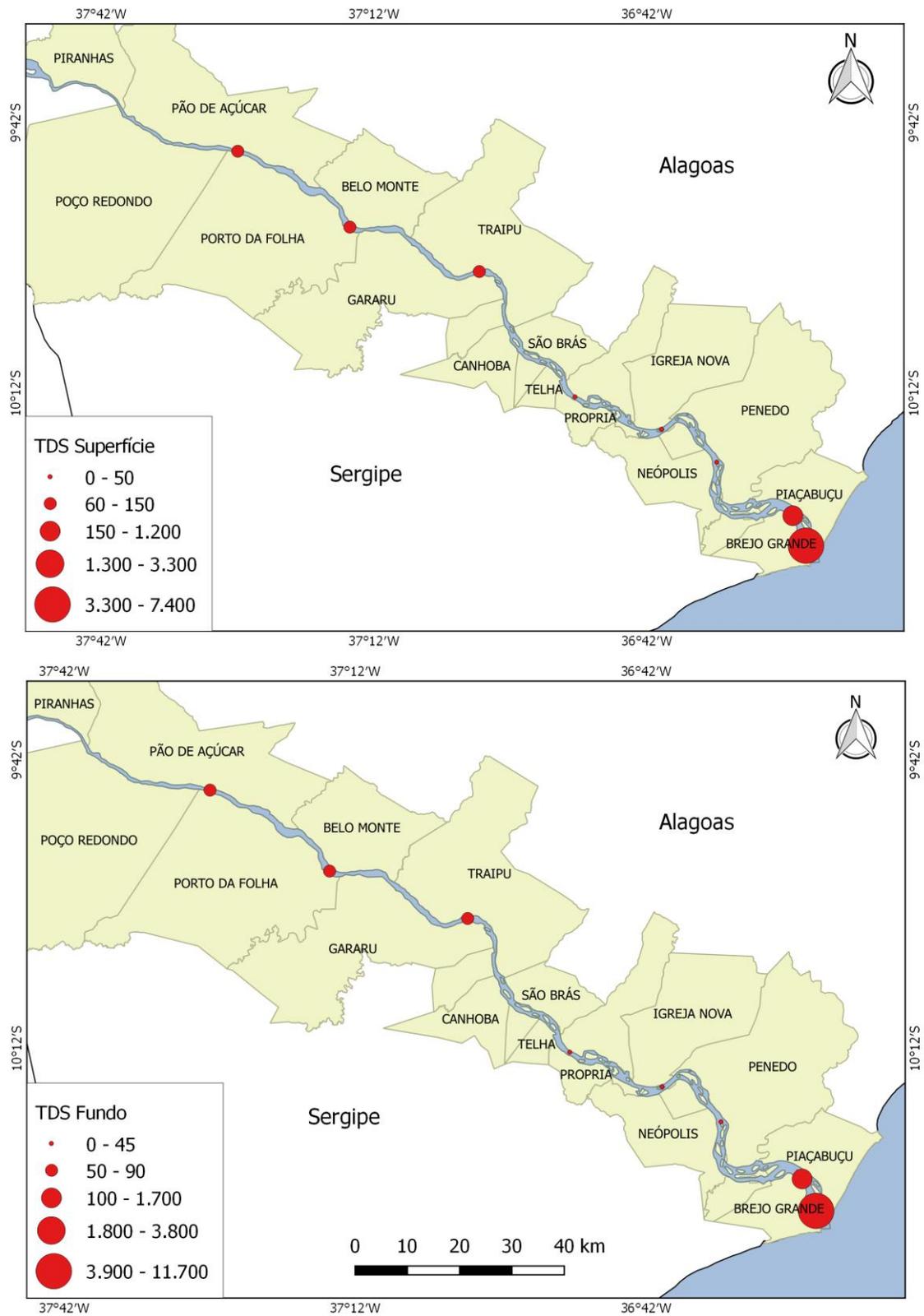
	Temperatura (°C)		TDS (mg/L)		Transparência (m)
	Superfície	Fundo	Superfície	Fundo	
Média	28,96	28,60	4.244,5	6.647,17	1,12
Desvio Padrão	0,53	0,47	4.651,66	5.788,28	0,71
Mínimo	28,28	27,91	47,00	46,00	0,50
Máximo	29,61	29,3	12.490	12.850	2,00

Observou-se uma diminuição na disponibilidade da radiação fotossinteticamente ativa (ponto de compensação) na coluna da água em direção a foz do Rio, reflexo da menor transparência da água e maior concentração de sólidos, dificultando a penetração da radiação solar, aumento a camada afótica, e possivelmente reduzindo os níveis de produção primária (Tabela 5).

A temperatura da água apresentou uma média de  $27,35 \pm 1,56$  °C na superfície, e  $27,17 \pm 1,56$  °C no fundo (Tabela 3). A estrutura térmica no baixo São Francisco não apresentou variações consideráveis entre as camadas de superfície e de fundo, indicando a inexistência de estratificação térmica, no entanto, maiores temperaturas da água foram observadas em Piaçabuçu e na foz do rio, com uma média de  $28,96 \pm 0,53$  °C para a superfície e  $28,60 \pm 0,47$  °C para o fundo (Tabela 4, Figura 4), podendo estar associado a diversos fatores tais como a supressão da cobertura vegetal, insolação, e a fatores ambientais como a estação (Esteves, 1998; Percebom et al. 2005).



**Figura 3.** Distribuição da temperatura da água superficial e de fundo no Baixo São Francisco durante a II Expedição do Rio São Francisco. Valores expressos em °C.



**Figura 4.** Distribuição do TDS - total de sólidos dissolvidos na água superficial e de fundo no Baixo São Francisco durante a II Expedição do Rio São Francisco. Valores expressos em mg/L.

**Tabela 5.** Profundidade da camada fótica durante a II Expedição no Baixo rio São Francisco.

Local	Ponto de Compensação (m)
<b>Piranhas</b>	19,50
<b>Pão de Açúcar</b>	9,60
<b>Belo Monte</b>	5,60
<b>Traipu</b>	5,00
<b>Propriá</b>	5,00
<b>Igreja Nova</b>	4,40
<b>Penedo</b>	6,00
<b>Piaçabuçu</b>	1,60
<b>Foz</b>	0,50

## CONCLUSÃO

O Baixo São Francisco apresentou durante o período estudado águas claras, com a coluna da água termicamente estável e com baixas concentrações de sólidos em seu trecho inicial, aumentando em direção a Foz, devido a turbulência causada pela intrusão marinha.

Contudo se faz necessário à realização de mais estudos bem como o monitoramento contínuo destes e de outros parâmetros da qualidade da água do rio São Francisco a fim de que se possa caracterizar o sistema hidrológico, bem como identificar possíveis impactos decorrentes de ações antrópicas.

## REFERÊNCIAS

- BRITO & MAGALHÃES. Brazil's development turns river into sea. **Science**, v. 358, issue. 6360, 2017.
- Esteves F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência, 226 p. 1998.
- MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; OLIVEIRA, E. N. Aporte de material em suspensão no baixo rio São Francisco (SE/AL), em diferentes condições hidrológicas. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.15, n.1, p. 42-53. 2011.
- MEDEIROS, P. R. P.; SANTOS, M. M.; CAVALCANTE, G. H.; SOUZA, W. F. L.; SILVA, W. F. Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): efeitos de 28 barragens no transporte de materiais na interface continente-oceano. **Geochimica Brasiliensis**, v. 28, n 1, p. 65-78, 2014.
- MEDEIROS, P. R. P.; SEGUNDO, G. H. C. MAGALHÃES, E.M. M. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). **Geochimica Brasiliensis**, v. 29, n. 1, p. 35-44, 2015.
- PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. M. L.; FILHO, E. F. R. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 56, p. 7-19, 2005. Editora UFPR.
- PURTLEBAUGH, C. H.; & ALLEN, M. S. Relative abundance, growth, and mortality of five age-0 estuarine fishes in relation to discharge of the Suwannee River, Florida. **Journal transactions of the American Fisheries Society**, v. 139, n. 4, 2010.
- SILVA, B. C.; COLLISCHONN, W.; CLARKE, C. E. M. T. R. T.; CORBO, M. D. Previsão Hidroclimática de Vazão de Curto Prazo na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.12 n.3, p. 31-41, 2007.
- SILVA, P. A.; VIEIRA, G. G.; FARINASSO, M.; CARLOS, R. J. Determinação da extensão do Rio São Francisco. (**Anais**) **XI SBSR**, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 393-400, 2003.
- Souza W.L.F & Knoppers B. Fluxos de água e sedimentos a costa leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas. **Geochimica Brasiliensis**, v. 17, n. 1, p. 057-074, 2003.



## **Avaliação do Potencial de Eutrofização e da Qualidade de Água no Baixo São Francisco Alagoano**

Petrônio Alves Coelho Filho<sup>1</sup>, Emerson Carlos Soares e Silva<sup>2</sup>, Vivian Costa Vasconcelos<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Este relatório avaliou o potencial de eutrofização do Baixo São Francisco através da aplicação do Índice de Estado Trófico (IETp) em 21 amostras recolhidas nas cidades de Piranhas, Pão de Açúcar, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova e Penedo, e na Foz do Rio. As amostras foram coletadas considerando-se a captação de água para abastecimento público em cada um dos municípios, e a concentração do fósforo total foi realizada por colorimetria para cada amostra. O potencial de eutrofização foi determinado através da aplicação da equação do Índice de Estado Trófico baseado nos dados de fósforo total. A partir da caracterização trófica obtida, inferiu-se que durante o período estudado a área de estudo caracterizou-se por uma baixa biomassa fitoplanctônica com também baixa concentração de algas cianofíceas, relativa concentração de macrófitas nos trechos de menor profundidade, e o oxigênio dissolvido saturado-supersaturado na camada superior e abaixo da saturação-saturado na camada inferior da coluna d'água. Assim, conclui-se que o Baixo São Francisco alagoano esteve durante a II Expedição ao Rio São Francisco potencialmente oligotrófico com tendência a mesotrófico, apresentando maiores índices de eutrofização próximo aos núcleos urbanos mas sem comprometer a qualidade e os usos múltiplos da água.

**Palavras chave:** IET, determinação de fósforo, usos da água.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas, Penedo, Alagoas.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Alagoas, CECA, Alagoas.

## INTRODUÇÃO

Apesar dos parâmetros físicos e químicos da água serem comumente utilizados durante a identificação do estado da qualidade da água (Botelho et al. 2013), o fenômeno da eutrofização é determinante para a qualidade de água de um corpo hídrico, podendo este fenômeno ter origem em um processo natural, como ocorre em lagos e reservatórios maduros (Mendes & Almeida, 2008), ou através da intervenção humana pelo aumento da quantidade de nutrientes no corpo hídrico, provocando crescimento exagerado de organismos aquáticos autotróficos (microalgas, cianobactérias planctônicas e macrófitas aquáticas) (Araújo et al. 2013).

Na avaliação dos processos de eutrofização, recomenda-se a utilização dos Índices de Estado Trófico (IET) (ANA, 2017), que classificam os corpos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade, disponibilidade e o efeito do aporte de nutrientes encontrados na água e que são responsáveis pelo crescimento excessivo das algas ou de macrófitas aquáticas no meio (Maranho, 2012). Como afirma Carlson (1977), o IET envolve três variáveis: concentração de clorofila-*a*, transparência da água e concentração de fósforo total. Os resultados correspondentes ao fósforo, IET (P) são entendidos como uma medida do potencial de eutrofização. A avaliação correspondente à clorofila-*a*, IET (CL), por sua vez, é considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas.

Todavia, as variáveis envolvidas no cálculo do Índice de Estado Trófico podem ser avaliadas individualmente (Santos, 2012). Indicadores de Transparência, muitas vezes não são representativos para o estado de trofia, pois normalmente apresentam elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos. Assim como o indicador de Clorofila, que por ser considerado uma medida de resposta do corpo hídrico ao agente causador e indicar o nível de crescimento de algas em suas águas, não se encontra diretamente associado às causas da eutrofização.

Ainda de acordo com Araújo et al. (2014), dos critérios utilizados para avaliar o estado trófico, os mais eficazes são aqueles em que empregam os nutrientes, ou seja, os agentes causadores do processo de eutrofização, como o fósforo, do que os que se valem das manifestações biológicas ou dos efeitos do fenômeno, como a Clorofila e a Transparência. O fósforo por constituir um dos principais nutrientes para os processos

biológicos e também ser considerado um macronutriente, consumido em grandes quantidades pelas células, torna-se um parâmetro indispensável na caracterização dos corpos hídricos visto que o seu excesso conduz a processos de eutrofização (CETESB, 2009).

Porém, os resultados referentes ao Fósforo devem ser compreendidos como uma medida do potencial de eutrofização. Este nutriente atua como agente causador do processo, neste caso os resultados encontrados a partir da aplicação do IET não mensuram diretamente a eutrofização, apenas indicam o potencial e a condição de eutrofia do meio, classificando-os em diferentes classes de trofia (Santos, 2012; ANA, 2013). Por esta razão, no presente estudo, optou-se por analisar e calcular o IET com base no parâmetro Fósforo Total para ambientes lênticos.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de eutrofização no Baixo São Francisco, buscando gerar informações categóricas para possíveis avaliações sobre o uso e conservação da água.

## **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, Traipu, Porto Real do Colégio, Igreja Nova e Penedo, e na Foz do Rio. As amostragens programadas para Piaçabuçu não foram realizadas porque parte da equipe adoeceu.

As amostras foram coletadas considerando-se a captação de água para abastecimento público em cada um dos municípios citados anteriormente, da seguinte forma: Adjacente ao ponto de captação, 500 metros a montante do ponto de captação e 500 metros a jusante do ponto de captação.

As amostras foram recolhidas e acondicionadas de acordo com a NBR 9.898 (ABNT, 1987) e a determinação da concentração do fosforo total foi realizada por colorimetria (APHA, 2005). Os resultados laboratoriais foram interpretados dentro dos limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) para o enquadramento da classe de qualidade da água do recurso hídrico, conforme a Tabela 01.

Os resultados das análises químicas do Fósforo Total foram aplicados na equação do Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo Jr. et al. (1983), empregado comumente pela CETESB, para medir o potencial de eutrofização segundo a fórmula abaixo:

$$IET_T = 10 \times \left[ 6 - \frac{\ln\left(\frac{80,32}{P}\right)}{\ln 2} \right]$$

onde o P refere-se a concentração de Fósforo Total em µg/L.

Em seguida, os valores do IETp para cada ponto amostral foram classificados segundo seu grau de trofia através dos limites propostos por Toledo Jr. et al. (1983) apud Lamprelli (2004), conforme a Tabela 2.

**Tabela 1.** Limites de fósforo total para cada classe de enquadramento segundo Resolução CONAMA n°357 de 2005.

AMBIENTE	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS (mg/L)			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<b>Ambiente lêntico</b>	0.020	0.030	0.050	>0.050
<b>Ambiente intermediário</b>	0.025	0.050	0.075	>0.075
<b>Ambiente lótico</b>	0.1	0.1	0.15	>0.15

**Tabela 2.** Limites para diferentes níveis de estado trófico

CRITÉRIO	ESTADO TRÓFICO	FÓSFORO TOTAL (mg/L)
IET ≤ 24	Ultraoligotrófico	0.006
24 < IET ≤ 44	Oligotrófico	0.007-0.026
44 < IET ≤ 54	Mesotrófico	0.027-0.052
54 < IET ≤ 74	Eutrófico	0.053-0.211
IET > 74	Hipereutrófico	>0.211

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo apresenta uma análise estanque sobre capacidade de eutrofização da área de estudo, dessa forma, avaliações mais extensas ficarão limitadas pela inexistência de uma série temporal. Mesmo assim, algumas considerações foram possíveis de serem realizadas.

Os valores de P total foram semelhantes em todas as áreas analisadas ( $p > 0.05$ ), com média total de 24.64  $\mu\text{g/L}$ , variando de 18.60  $\mu\text{g/L}$  (captação de Penedo) a 29.60  $\mu\text{g/L}$  (captação de Porto Real de Colégio) (Tabela 3). De toda forma, todas as amostras analisadas estavam aptas para destinação de todas as classes de enquadramento da CONAMA N°357 para ambientes lóticos de água doce, garantindo o uso múltiplo da água no baixo São Francisco, ao menos durante o período analisado.

De uma maneira geral, os valores de P total classificaram o trecho analisado como oligotrófico (Tabela 3). Observando em separado, apenas Porto Real do Colégio e a Foz do Rio podem ser classificados como mesotróficos (P total acima de 26,0  $\mu\text{g/L}$ ). A aplicação do Índice de Estado Trófico (IETp) apresentou a mesma tendência apresentada pelas análises do P total, comprovando estar a área oligotrófica durante o período das incursões, com valor médio de IET(p) de 42,78 (Tabela 4).

Não foram encontradas diferenças significativas entre os valores de P total e IET (p) nos diferentes municípios e locais de coleta (Tabelas 3 e 4). Porém, analisando em separado, as amostras que se localizam no núcleo urbano do município apresentaram maiores níveis de eutrofização e foram classificadas como mesotróficas.

Apesar das áreas de estudo serem classificadas em geral como oligotróficas, 43% como mesotróficas (Tabela 5). Esse fato é reflexo dos números obtidos, pois os valores de IETp, ou estavam no limite superior da oligotrofia ou no limite inferior na mesotrofia.

A partir da caracterização trófica obtida, podemos inferir que durante o período estudado a maior parte do Baixo São Francisco caracterizou-se por apresentar uma baixa biomassa fitoplânctônica, com baixa concentração de algas cianofíceas, com relativa concentração de macrófitas nos trechos de menos profundidade, e o oxigênio saturado-supersaturado na camada superior e abaixo da saturação-saturado na camada inferior.

Porém, a eutrofização de um recurso hídrico é considerada progressiva, e o IETp caracteriza-se como dinâmico, apresentando variações de classificação ao longo do

tempo, tanto para classes de maior quanto para as de menor trofia (Lamparelli, 2004). Ou seja, demonstra a importância de ser realizado um monitoramento contínuo da qualidade e estado trófico do Baixo São Francisco em diferentes épocas ou condições. A II Expedição do Rio São Francisco foi realizada durante um período de intensas chuvas nos trechos alto e médio São Francisco, o que acarretou num aumento considerável da vazão do Rio no Baixo São Francisco, aumentando a dinâmica hidrológicas em alguns trechos que estavam represados e com pouca circulação. Sabe-se que os ecossistemas lóticos são mais susceptíveis a eutrofização pela lenta renovação da água e alto período de residência, e possivelmente essa alteração da dinâmica hidrológica com o aumento da vazão na área de estudo influenciou os resultados obtidos.

Pelos resultados, a área de estudo apresentou baixo potencial para eutrofização, não comprometendo a qualidade da água e de sua utilização. Porém, precisa ser verificado qual a influência dessa baixa disponibilidade de nutrientes para a produção primária e manutenção da dinâmica trófica.

**Tabela 3.** Valores do fósforo total ( $\mu\text{g/L}$ ) encontrados a montante, jusante e no ponto de captação para abastecimento dos municípios alagoanos do Baixo São Francisco durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

<b>Local</b>	<b>Montante da captação</b>	<b>Captação</b>	<b>Jusante da captação</b>	<b>Média <math>\pm</math> DP</b>
<b>Piranhas</b>	28.60	28.60	19.90	25.70 $\pm$ 5.02
<b>Pão de Açúcar</b>	19.80	28.00	22.30	23.37 $\pm$ 4.20
<b>Traipú</b>	20.60	28.60	21.20	23.47 $\pm$ 4.46
<b>Porto Real do Colégio</b>	25.60	29.60	27.00	27.40 $\pm$ 2.03
<b>Igreja Nova</b>	28.60	21.20	20.10	23.30 $\pm$ 4.62
<b>Penedo</b>	20.60	18.60	28.60	22.60 $\pm$ 5.29
<b>Foz do Rio</b>	28.60	25.40	26.00	26.67 $\pm$ 1.70
<b>Média <math>\pm</math> DP</b>	24.63 $\pm$ 4.16	25.71 $\pm$ 4.24	23.59 $\pm$ 3.55	

**Tabela 4.** Valores do IETp encontrados a montante, jusante e no ponto de captação para abastecimento dos municípios alagoanos do Baixo São Francisco durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

<b>Local</b>	<b>Montante da captação</b>	<b>Captação</b>	<b>Jusante da captação</b>	<b>Média ± DP</b>
<b>Piranhas</b>	45.10	45.10	39.87	43.36±3.02
<b>Pão de Açúcar</b>	39.80	44.80	41.51	42.04±2.54
<b>Traipú</b>	40.37	45.10	40.78	42.08±2.62
<b>Porto Real do Colégio</b>	43.50	45.60	44.27	44.46±1.06
<b>Igreja Nova</b>	45.10	40.78	40.01	41.97±2.74
<b>Penedo</b>	40.37	38.90	45.10	41.46±3.24
<b>Foz do Rio</b>	45.10	43.39	43.73	44.07±0.91
<b>Média ± DP</b>	42.76±2.49	43.38±2.57	42.18±2.15	

**Tabela 5.** Níveis de estado trófico encontrados a montante, jusante e no ponto de captação para abastecimento dos municípios alagoanos do Baixo São Francisco durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

<b>Local</b>	<b>Montante da captação</b>	<b>Captação</b>	<b>Jusante da captação</b>
<b>Piranhas</b>	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico
<b>Pão de Açúcar</b>	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico
<b>Traipu</b>	Oligotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico
<b>Porto Real do Colégio</b>	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
<b>Igreja Nova</b>	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico

<b>Penedo</b>	Oligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico
<b>Foz do Rio</b>	Mesotrófico	Oligotrófico	Oligotrófico

## CONCLUSÕES

O Baixo São Francisco alagoano esteve durante a II Expedição ao Rio São Francisco potencialmente oligotrófico com tendência a mesotrófico, apresentando maiores índices de eutrofização próximo aos núcleos urbanos más sem comprometer a qualidade e os usos múltiplos da água.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- Agência Nacional de Águas (ANA) (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013 / Agência Nacional de Águas. 432 p.: Il. ISBN 978-85-882100-15-8. Brasília: ANA, 2013.
- APHA. American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF. Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2005,
- ARAÚJO, A. B. de; SALES, J. C.; FONTENELLE, R. O. dos S.; ALVES, F. R. L.; AGUIAR, F. L. L. de. Qualidade microbiológica e avaliação do Estado Trófico de amostras de água do açude Forquilha-CE. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer Goiânia, v.10, n.18. Ceará, 2014.
- BOTELHO, R.G.; ROSSI, M.L.; MARANHO, L.A.; OLINDA, R.A.; TORNISIELO, V.L. Evaluation of surface water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Piracicaba River (São Paulo, Brazil). **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 20, n. 7, pp. 4382-4395, 2013.
- BRASIL. Resolução do CONAMA no 357, 17 de março de 2005. Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2005.
- CARLSON, R.E. (1977) **A trophic state index for lakes**. Limnology and Oceanography, v. 22, n. 2, p. 361-369.
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Apêndice A Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Secretaria do Meio Ambiente Governo de São Paulo, 2009.
- LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento. (Tese de Doutorado) 238 p. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo, 2004.

MARANHO, L. A. Avaliação da qualidade da água do rio Corumbataí (SP) por meio de variáveis bióticas e abióticas. (Tese de Doutorado). 106p. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

MENDES, L. de F. S; ALMEIDA, J. R. de S. Eutrofização induzida pelo homem e suas consequências dentro de um ecossistema aquático. Universidade Estadual do Ceará (UECE), 2008.

SANTOS, O. R. Análise limnológica para avaliação do nível trófico em reservatório formado na implementação de uma PCH em rio do Peixe/SC com ênfase no parâmetro Fósforo. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.



## Estrutura e Dinâmica do Microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe)

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>3</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>Estudantes de Graduação em Biologia, Laboratório de Ficologia – LABOFIC, Setor de Botânica, Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

### RESUMO

O estudo do fitoplâncton lacustre constitui informação fundamental sobre a estrutura da produção biológica de um ambiente aquático. 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 dependem da adaptação às características abióticas. Foram analisadas 46 amostras, coletadas no período de 19 a 28/11/2019, onde foram determinados pontos de coleta ao longo do Baixo São Francisco. As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais superficiais, com rede de plâncton (malha de 20  $\mu\text{m}$ ) e de profundidade com garrafa de Van Dorn. As amostras foram acondicionadas em frascos e preservadas em formaldeído à 4%, devidamente etiquetados. Foram examinadas alíquotas de 1 ml procedendo-se a análise direta em microscópio óptico binocular e a identificação 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 ( $\lambda$ ) e densidade ( $\text{cel.mL}^{-1}$ ). As divisões com maior representatividade de riqueza de espécies foram Chlorophyta (60 spp.) e Bacillariophyta (39 spp.) e Cyanobacteria (24 spp) em Traipu, observando-se uma maior predominância de Chlorophyta e Bacillariophyta em todas as amostras analisadas. *Actinastrum hantzschii*, *Anabaena spiroides*, *Ceratium lineatum*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Epithemia argus*, *Eudorina elegans*, *Eunotia monodon*, *Fragilaria crotonensis*, *Geitlerinema unigranulatum*, *Melosira granulata*, *Meridion circulare*, *Nitzschia hungarica*, *Nitzschia scalaris*, *Spirogyra pratensis*, *Staurastrum leptocladum* e *Ulnaria ulna* foram consideradas espécies frequentes, pois estavam presentes em mais de 50% das amostras. As divisões Chlorophyta e Bacillariophyta foram as mais dominantes com relação a riqueza de espécies fazendo com que houvesse uma maior variação na densidade de células. Os valores de diversidade específica, de um modo geral apresentaram uma variação de média à alta diversidade.

**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 (ESTEVEES, 2011). 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, como a clorofila *a*, constituindo-se o primeiro elo das cadeias alimentares aquáticas, sendo responsáveis pela produtividade primária, reflete 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).

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 (ESTEVEES & 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 teve como objetivo analisar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e dos índices ecológicos, proporcionando importantes informações sobre os ecossistemas que estão em estudo.

## **METODOLOGIA**

No presente estudo, foram analisadas 46 amostras, coletadas no período de 19 a 28/11/2019, onde foram determinados pontos de coleta ao longo do Baixo São Francisco, entre os municípios de Piranhas-AL (PI), Traipú-AL (TR), Pão de Açúcar-AL (PA), Igreja Nova-AL (IN), Propriá-SE (PR), Penedo-AL (PE), Piaçabuçu-AL (PU) e Foz do São Francisco.

As amostras foram obtidas através de arrastos horizontais e subsuperficiais, utilizando-se rede de plâncton com abertura de malha de 20  $\mu\text{m}$  (superfície) e profundidade com auxílio de uma garrafa coletora do tipo “Van Dorn”, com capacidade de 1 litro. Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em frascos de plásticos tipo de aproximadamente 100 mL, devidamente etiquetados e preservadas em formalina à 4%, 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 microfitoplâncton 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 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. 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,  $N = n^\circ$  de espécies na amostra;  $n = n^\circ$  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).

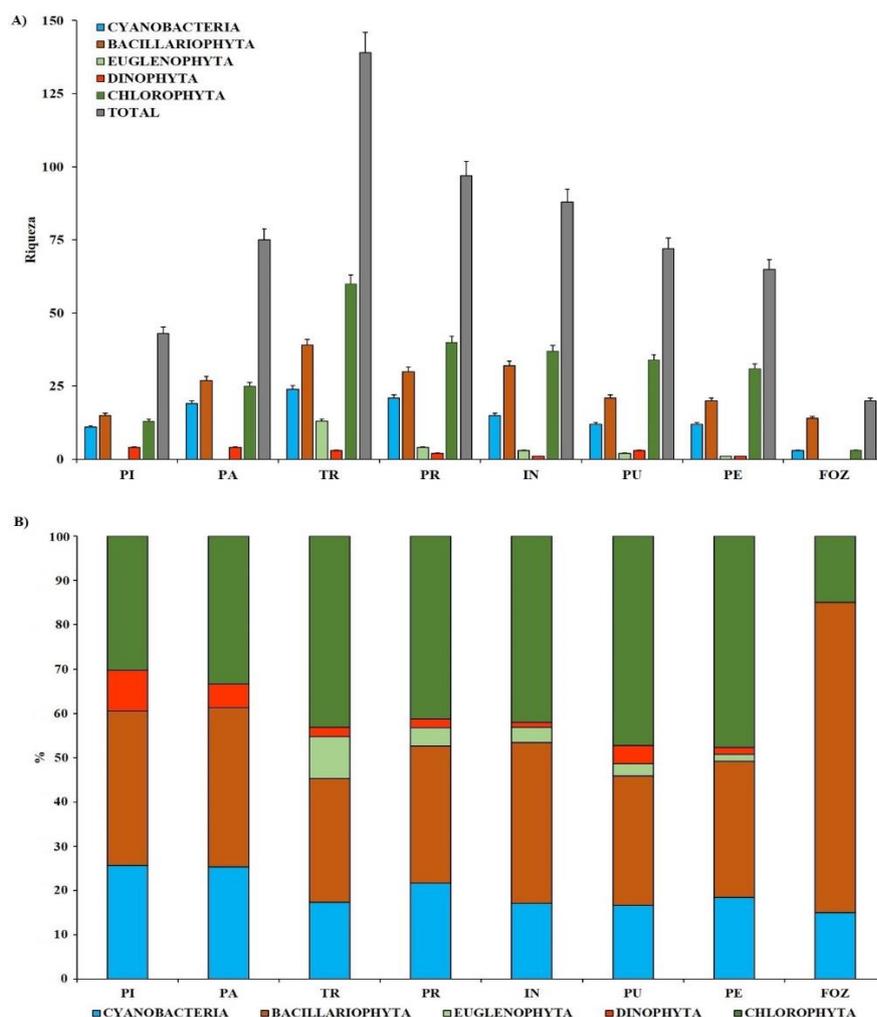
A frequência de ocorrência (%) foi calculada a partir do número de vezes em que cada táxon ocorreu nas porções do talo dos hospedeiros, por intermédio da fórmula:  $F = P \times 100 / p$ , onde,  $P =$  número de amostras contendo a espécie;  $p =$  número total de amostras, sendo estabelecidos as seguintes 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 =  $\geq 3,0$  bits.cel<sup>-1</sup>; média diversidade =  $< 3,0 \geq 2,0$  bits.cel<sup>-1</sup>; baixa diversidade =  $< 2 > 1,0$  bits.cel<sup>-1</sup>; muito baixa diversidade =  $< 1,0$  bits.cel<sup>-1</sup> (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).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A comunidade fitoplanctônica do presente estudo esteve distribuída nas divisões Cyanobacteria, Bacillariophyta, Euglenophyta, Dinophyta e Chlorophyta. As divisões com maior representatividade de riqueza de espécies foram Chlorophyta (60 spp.) e Bacillariophyta (39 spp.) e Cyanobacteria (24 spp) em Traipu (Fig. 1).



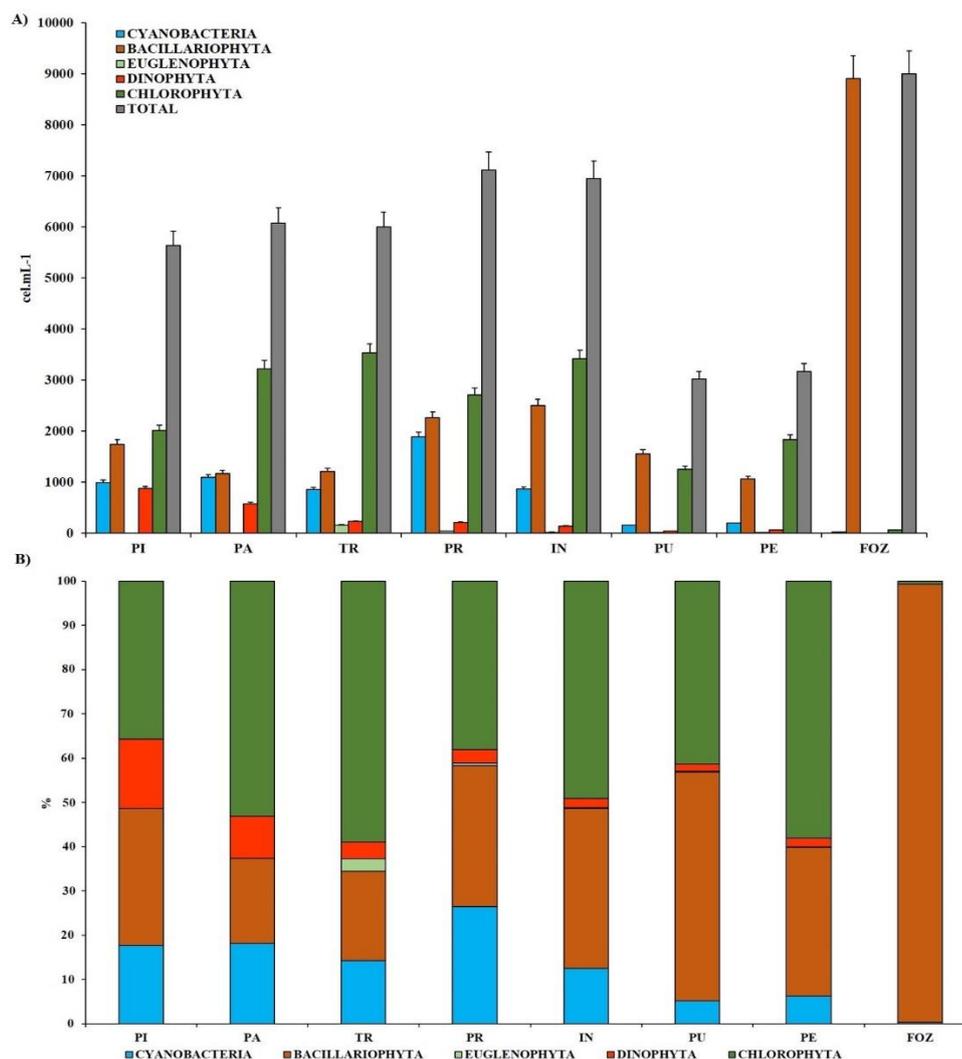
**Figura 1.** Distribuição e riqueza de espécies (A) e distribuição percentual (B) do microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe).

Foi possível observar uma maior predominância de Chlorophyta e Bacillariophyta em todas as amostras analisadas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Riqueza de espécies do microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (PR) Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (PE) Penedo-AL, FOZ (Foz do São Francisco), (-) dados não existentes.

DIVISÃO	PI	PA	TR	PR	IN	PU	PE	FOZ
CYANOBACTERIA	11	19	24	21	15	12	12	3
BACILLARIOPHYTA	15	27	39	30	32	21	20	14
EUGLENOPHYTA	-	-	13	4	3	2	1	-
DINOPHYTA	4	4	3	2	1	3	1	-
CHLOROPHYTA	13	25	60	40	37	34	31	3
TOTAL	43	75	139	97	88	72	65	20

Em relação a densidade oscilou de  $3 \text{ cel.mL}^{-1}$ , na divisão Euglenophyta (amostra de Penedo) a  $3534.000 \text{ cel.mL}^{-1}$  na divisão Chlorophyta (amostra de Traipu) (Tabela 2 e Fig. 2).



**Figura 2.** Densidade de células (A) e distribuição percentual (B) do microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe).

**Tabela 2.** Densidade de células (cel.mL<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton do Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe). (PI) Piranhas-AL, (PA) Pão de Açúcar-AL, (TR) Traipu-AL, (IN) Igreja Nova-AL, (PR) Propriá-SE, (PU) Piaçabuçu-AL, (PE) Penedo-AL, FOZ (Foz do São Francisco), (-) dados não existentes.

DIVISÃO	PI	PA	TR	PR	IN	PU	PE	FOZ
CYANOBACTERIA	995	1099	858	1884	871	156	197	28
BACILLARIOPHYTA	1747	1172	1212	2265	2506	1560	1065	8912
EUGLENOPHYTA	-	-	164	45	19	7	3	-
DINOPHYTA	879	579	232	212	138	48	63	-
CHLOROPHYTA	2013	3227	3534	2712	3418	1250	1841	65
TOTAL	5635	6077	6000	7117	6952	3021	3170	9005

Durante o período estudado foram observadas espécies dominantes, que contribuíram na densidade de células: em Piranhas com as espécies *Monoraphidium griffithii* (97,2%) *Terpsinoë musica* (94,1%), *Monoraphidium komarkovae* (55,9%), em Pão de Açúcar com as

espécies, *Monoraphidium komarkovae* (89,3%) e *M. intermedium* (69,9%). Traipu com as espécies *Closterium moniliferum* (77,8%), *Monoraphidium komarkovae* (73,5%) e *M. intermedium* (69%); Igreja Nova com *Eudorina elegans* (60%) e na Foz com *Cyclotella meneghiniana* (88,2%) e *Coscinodiscus radiatus* (80,4%) (ver tabelas em anexos).

Dentre as espécies do microfitoplâncton identificadas durante o período de estudo, foram consideradas muito frequentes (MF) e frequentes (F), pois ocorreram em mais de 50% das amostras coletadas: *Actinastrum hantzschii*, *Anabaena spiroides*, *Ceratium lineatum*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella meneghiniana*, *Epithemia argus*, *Eudorina elegans*, *Eunotia monodon*, *Fragilaria crotonensis*, *Geitlerinema unigranulatum*, *Melosira granulata*, *Meridion circulare*, *Nitzschia hungarica*, *Nitzschia scalaris*, *Spirogyra pratensis*, *Staurastrum leptocladum* e *Ulnaria ulna* (ver tabelas em anexos).

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

O fitoplâncton é considerado um dos indicadores de qualidade biológica utilizado na classificação do estado ecológico de massas d'água, principalmente quando são avaliados a abundância fitoplanctônica, a riqueza e dominância, e a intensidade e frequência de florescências fitoplanctônicas (*blooms*).

Através dos resultados obtidos foi possível observar que as Chlorophyta (algas verdes) e Bacillariophyta (diatomáceas) ocorreram com maior riqueza de espécies, abundância e diversidade de táxons, as quais dominaram o período de estudo e os pontos de amostragem, principalmente no trecho entre os municípios de Pão de Açúcar a Piaçabuçu, fazendo com que houvesse um maior incremento na abundância de células.

Estudos referentes a comunidade fitoplanctônica em ambientes lacustres tropicais demonstram que clorófitas e diatomáceas 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 entre os valores  $> 1000$  e  $< 5000$  cel.mL<sup>-1</sup>, a qualidade da água é classificada

como razoável tendendo para boa, demonstrando que esse ambiente está em equilíbrio e considerado próprio para o consumo humano.

Quando são observados valores altos de cianobactérias, em ambientes aquáticos está tipicamente associada a condições eutróficas, assim a água do manancial oferece riscos à saúde pública e investimentos elevados na implantação de Estação de Tratamento de Água (ETA), e especialmente pela ocorrência de espécies potencialmente produtoras de toxinas, que além do risco de bioacumulação em peixes, moluscos e bivalves, torna-se impróprias para o consumo humano.

Com o aumento da salinidade, principalmente na foz do São Francisco, houve um aumento significativo na abundância das diatomáceas. Fato comum observado nesse grupo, que suportam grandes variações de salinidade, e são considerados grandes produtores primários em ecossistemas aquáticos de transição (estuários), demonstrando a grande importância desses organismos na manutenção dos demais níveis tróficos.

Quando os índices de Shannon são considerados de baixo a muito baixa diversidade específica, reflete no desequilíbrio populacional fitoplanctônico, ao qual está ligado diretamente na abundância e dominância de poucas espécies.

## 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.

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 semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 382-401, 2009.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011.

ESTEVES, 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.

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.; Scharger, 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. **Introducción a la Biología y Sistemática 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.

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.

**Tabela 3.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Piranhas (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (PI 1) região de Alagoas, (PI 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PI 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	PI 1		PI 2		PI 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	-	0,6	-	-	-	-	E
<i>Anagnostidinium amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Strunecy, Bohunicka, Johansen & Komarek	-	0,6	-	-	-	-	E
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	8,8	-	3,4	-	-	-	PF
<i>Aphanocapsa koordesii</i> Strøm	8,8	-	2,2	-	-	-	PF
<i>Aphanothece</i> sp.	12,1	-	5,6	-	-	-	PF
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	-	0,6	-	-	-	-	E
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (Singh) Komarek & Azevedo	-	-	1,7	-	-	-	E
<i>Gloeocapsa gigas</i> West & West	13,2	-	23,6	-	-	-	PF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	-	2,2	-	-	-	E
<i>Oscillatoria rubescens</i> De Candolle ex Gomont	2,2	-	2,2	-	-	-	PF
<i>O. tenuis</i> Agardh ex Gomont	-	11,7	-	-	-	-	E
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	-	-	2,8	-	-	-	E
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	-	-	1,1	-	-	-	E
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	1,7	-	-	-	E
<i>E. zebra</i> (Ehrenberg) Kützing	2,2	-	0,6	-	-	-	P
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	-	-	1,7	-	-	-	E
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	-	0,6	-	-	-	-	E
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	-	0,6	-	-	-	-	E
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	1,1	-	-	-	-	1,0	PF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	-	-	10,1	-	-	-	E
<i>Navicula integra</i> (Smith) Ralfs	1,1	-	-	-	-	-	E
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	-	-	2,2	-	-	-	E
<i>N. linearis</i> Smith	2,2	-	0,6	-	-	-	PF
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	-	2,2	0,6	-	-	-	PF
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	3,3	-	0,6	-	-	94,1	PF
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	4,4	-	2,8	-	-	-	PF
<b>DINOPHYTA</b>							
<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen	-	-	5,6	-	-	-	E

<i>C. lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	28,6	-	17,4	1,4	-	1,0	F
TÁXONS	PI 1		PI 2		PI 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>DINOPHYTA</b>							
<i>C. geniculatum</i> (Lemmermann) Cleve	-	-	4,5	-	-	-	E
<i>Gymnodinium aureolum</i> (Hulburt) Gert Hansen	3,3	-	-	-	-	-	E
<b>CHLOROPHYTA</b>							
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	-	1,1	-	-	-	-	E
<i>Asterococcus limneticus</i> Smith	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	1,7	-	-	-	1,0	PF
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli	-	-	3,4	-	-	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	8,8	-	0,6	-	-	-	PF
<i>Gloeocystis polydermatica</i> Kützing	-	-	-	-	-	3,0	E
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	-	22,9	-	-	-	-	E
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	-	-	-	97,2	-	-	E
<i>M. komarkovae</i> Nygaard	-	55,9	-	-	-	-	E
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	-	-	1,1	-	-	-	E
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	-	1,1	-	-	-	-	E
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	-	0,6	0,6	1,4	-	-	F
Diversidade de Shannon (H')	2,23	1,34	2,65	0,15	-	0,29	
Equitabilidade (J)	0,84	0,52	0,81	0,13	-	0,18	
Dominância de Simpson ( $\Delta$ )	0,14	0,38	0,11	0,94	-	0,88	

**Tabela 4.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Pão de Açúcar (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (PA 1) região de Alagoas, (PA 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PA 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (MF) muito frequente, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	PA 1		PA 2		PA 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena solitaria</i> Klebahn	0,2	-	0,2	0,5	-	-	F
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	3,5	-	1,5	0,5	4,1	-	F
<i>Anagnostidinium amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Strunecy, Bohunicka, Johansen & Komárek	-	-	-	0,5	-	0,7	PF
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	1,0	-	1,1	-	0,3	-	F
<i>A. koordesii</i> Strøm	-	-	1,1	-	-	-	E
<i>A. delicatissima</i> West & West	-	0,9	-	-	-	-	E
<i>A. incerta</i> (Lemmermann) Cronberg & Komárek	-	-	-	-	0,9	-	E
<i>Aphanothece castagnei</i> (Kützing) Rabenhorst	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	-	-	0,2	0,5	-	-	PF
<i>C. limneticus</i> Lemmermann	1,4	-	-	-	0,3	-	PF
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	0,2	-	-	24,3	-	17,5	F
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis	-	-	-	-	-	1,4	E
<i>G. unigranulatum</i> (Singh) Komárek & Azevedo	10,3	-	16,3	-	6,3	-	F
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	3,1	-	-	-	3,1	-	PF
<i>M. protocystis</i> Crow	0,6	-	0,6	-	-	-	PF
<i>M. wesenbergii</i> (Komárek) Komárek ex Komárek	0,6	-	-	-	-	-	E
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>O. sancta</i> Kützing ex Gomont	-	-	-	-	1,9	-	E
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	0,4	-	3,2	-	-	-	PF
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	1,7	-	0,4	-	0,9	-	F
<i>Cymbella ventricosa</i> (Agardh) Agardh	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0,4	-	0,2	-	-	-	PF
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>E. sorex</i> Kützing	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>E. turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	0,6	-	18,9	-	2,5	-	F
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	0,2	-	1,7	6,3	2,5	-	F
<i>F. virescens</i> Ralfs	0,8	-	1,1	-	-	1,4	F
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	-	-	-	1,1	-	0,7	PF
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	3,7	0,9	-	0,5	8,1	-	F

<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	1,2	-	-	0,5	-	-	PF
TÁXONS	PA 1		PA 2		PA 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Navicula integra</i> (Smith) Ralfs	-	-	-	-	4,1	-	E
<i>N. cryptocephala</i> Kützing	0,2	-	1,3	-	-	-	PF
<i>N. placenta</i> Ehrenberg	-	-	-	-	0,3	-	E
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) Smith	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>N. dubia</i> Smith	0,2	-	-	-	0,9	-	PF
<i>N. hungarica</i> Grunow	0,4	0,9	6,2	-	-	-	F
<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs	0,6	-	2,5	-	-	-	PF
<i>N. obtusa</i> Smith	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	9,5	0,9	5,3	2,6	8,1	-	MF
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	-	-	1,7	-	-	-	E
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	-	-	0,2	-	0,3	-	PF
<i>S. ovata</i> Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	0,6	-	1,3	-	1,3	-	F
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	1,4	0,9	0,4	-	-	1,4	F
<b>DINOPHYTA</b>							
<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen	13,4	-	13,8	-	24,1	-	F
<i>C. lineatum</i> (Ehrenberg)	0,4	1,8	-	-	-	-	PF
<i>C. fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	1,0	-	-	-	2,5	-	PF
<i>Gonyaulax apiculata</i> Entz	1,0	-	-	-	-	-	E
<b>CHLOROPHYTA</b>							
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	0,9	0,2	1,6	-	2,8	E
<i>C. ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs	0,6	-	-	-	-	-	E
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	4,7	-	-	-	-	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	0,8	-	2,1	-	6,6	-	F
<i>Gloeocystis vesiculosa</i> Nägeli	1,2	-	-	-	0,3	-	PF
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	-	0,4	-	-	-	E
<i>Micrasterias alata</i> Wallich	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	-	-	-	5,8	-	0,7	PF
<i>M. intermedium</i> Hindák	-	-	-	-	-	69,9	E
<i>M. komarkovae</i> Nygaard	-	89,3	-	52,9	-	-	PF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>P. duplex</i> var. <i>reticulatum</i> Lagerheim	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>Pleodorina indica</i> (Lyengar) Nozaki	1,0	-	-	-	-	-	E

<i>Spirogyra pratensis</i> Transeau	11,8	2,7	6,8	0,5	1,9	-	MF
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	-	-	-	1,1	0,3	-	PF
	PA 1		PA 2		PA 3		F.O
TÁXONS	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CHLOROPHYTA</b>							
<i>S. eornis</i> (Ehrenberg) Chodat	-	-	-	-	0,6	-	E
<i>S. quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	0,2	-	-	-	0,3	-	PF
<i>Staurastrum hexacerum</i> Wittrock	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>S. leptocladum</i> Nordstedt	14,4	0,9	9,1	-	17,2	2,8	MF
<i>S. manfeldtii</i> Delponte	-	-	-	-	-	0,7	E
<i>S. sebaldi</i> Reinsch	-	-	0,6	-	0,3	-	PF
<i>S. setigerum</i> Cleve	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>S. tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald	-	-	-	0,5	-	-	E
<i>Volvox</i> sp.	4,5	-	0,4	-	-	-	PF
Diversidade de Shannon (H')	2,93	0,56	2,64	1,50	2,56	1,07	
Equitabilidade (J)	0,76	0,25	0,74	0,54	0,77	0,45	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,08	0,79	0,10	0,35	0,11	0,52	

**Tabela 5.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Traipu (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (TR 1) região de Alagoas, (TR 2) região entre Alagoas e Sergipe, (TR 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (MF) muito frequente, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	TR 1		TR 2		TR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena solitaria</i> Klebahn	-	-	1,6	-	-	-	E
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	2,9	-	0,3	-	1,6	-	F
<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmermann	1,2	-	0,4	-	5,7	-	F
<i>Aphanocapsa koordesii</i> Strøm	-	-	2,1	-	-	-	E
<i>A. delicatissima</i> West & West	-	-	-	1,4	-	-	E
<i>A. grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	-	-	4,4	-	-	-	E
<i>Aphanothece clathrata</i> West & West	-	-	-	-	2,5	-	E
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	-	-	-	-	-	0,7	E
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	-	-	-	2,1	-	3,7	PF
<i>C. limneticus</i> Lemmermann	-	-	3,7	-	-	-	E
<i>C. pallidus</i> Nägeli	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>Coelosphaeriopsis halophila</i> Lemmermann	-	-	1,1	-	-	-	E
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju	-	-	-	2,1	-	0,7	PF
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis	-	-	-	-	-	5,1	E
<i>G. unigranulatum</i> (Singh) Komárek & Azevedo	1,0	-	4,5	4,1	7,4	-	F
<i>Gloeocapsa conglomerata</i> Kützing	4,1	-	4,5	-	-	-	PF
<i>G. gigas</i> West & West	-	-	3,3	-	-	-	E
<i>Lyngbya birgei</i> Smith	0,2	-	0,1	-	-	-	PF
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>M. protocystis</i> Crow	0,2	-	0,5	-	-	-	PF
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	5,3	-	0,8	-	0,8	-	F
<i>O. terebriformis</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	-	1,6	-	E
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	-	-	1,1	-	-	-	E
<i>Spirulina subsalsa</i> Oersted ex Gomont	-	-	-	-	2,5	-	E
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>A. paludosa</i> Smith	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	0,7	-	0,7	-	-	-	PF
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grunow) Cleve	-	-	0,1	-	-	-	E

<i>Cymbella lacustris</i> (Agardh) Cleve	0,2	-	0,1	-	-	-	PF
<i>C. turgida</i> Gregory	-	-	0,4	-	-	-	E
<i>C. ventricosa</i> (Agardh) Agardh	-	-	-	-	-	0,7	E
TÁXONS	TR 1		TR 2		TR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	0,5	-	0,5	-	-	-	PF
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	2,2	2,1	-	0,7	F
<i>E. zebra</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	1,9	-	-	-	E
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	4,1	-	E
<i>E. monodon</i> Ehrenberg	5,1	-	1,6	-	0,8	0,7	F
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	4,6	-	5,6	0,7	0,8	-	F
<i>F. virescens</i> Ralfs	2,2	-	1,1	-	-	0,7	F
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	0,5	-	0,9	-	-	-	PF
<i>Gomphonema constrictum</i> Ehrenberg	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>G. olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	3,9	-	2,0	-	0,8	0,7	F
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	0,8	-	-	-	E
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	-	-	-	1,4	13,9	-	PF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	3,6	-	1,4	-	1,6	-	F
<i>Navicula integra</i> (Smith) Ralfs	1,2	-	-	-	-	-	E
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	1,2	-	1,0	-	-	-	PF
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) Smith	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>N. acuminata</i> (Smith) Grunow	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>N. amphibia</i> Grunow	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>N. bilobata</i> Smith	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>N. brevissima</i> Grunow	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>N. hungarica</i> Grunow	0,2	5,6	1,0	1,4	3,3	0,7	MF
<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs	3,6	-	4,5	-	-	-	PF
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	-	-	0,1	2,1	1,6	1,5	F
<i>N. sigma</i> (Kützing) Smith	6,5	-	4,5	-	-	-	PF
<i>Pinnularia lata</i> (Brébisson) Smith	1,0	-	0,1	-	-	-	PF
<i>P. mesolepta</i> (Ehrenberg) Smith	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Surirella guatemalensis</i> Ehrenberg	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>S. robusta</i> Ehrenberg	-	-	0,4	-	-	-	E
<i>Synedra tabulata</i> (Agardh) Kützing	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	-	-	1,3	-	-	-	E
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	1,8	1,4	0,8	0,7	F

TÁXONS	TR 1		TR 2		TR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
	EUGLENOPHYTA						
<i>Euglena acus</i> (Müller) Ehrenberg	7,5	-	4,5	-	-	-	PF
<i>E. caudata</i> Hübner	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>E. deses</i> Ehrenberg	-	-	0,1	-	-	-	E
EUGLENOPHYTA							
<i>E. fusca</i> (Klebs) Lemmermann	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>E. gracilis</i> Klebs	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>E. hemichromata</i> Skuja	0,2	-	-	-	1,6	-	PF
<i>E. oblonga</i> Schmitz	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>E. proxima</i> Dangeard	-	-	-	-	0,8	-	E
<i>E. pusilla</i> Playfair	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Phacus gigas</i> Cunha	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>P. onix</i> Pochmann	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>P. orbicularis</i> Hübner	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>Trachelomonas acanthophora</i> Stokes	-	-	-	-	0,8	-	E
DINOPHYTA							
<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen	7,0	-	3,1	-	-	-	PF
<i>C. fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	0,2	-	0,4	-	4,1	-	F
<i>C. lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	1,5	-	0,5	0,7	5,7	-	F
CHLOROPHYTA							
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	1,7	-	1,4	0,7	1,6	-	F
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	-	-	-	-	-	0,7	E
<i>Asterococcus superbus</i> (Cienkowski) Scherffel	0,7	-	-	-	2,5	-	PF
<i>Closterium decorum</i> Brébisson	-	-	0,2	0,7	-	-	PF
<i>C. diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	1,5	-	1,2	1,4	-	1,5	F
<i>C. moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	77,8	-	-	-	-	E
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	-	-	-	-	8,2	-	E
<i>C. microporum</i> Nägeli	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>C. goetzei</i> Schmidle	0,5	-	2,6	-	-	-	PF
<i>Cosmarium logiense</i> Bisset	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>C. margaritatum</i> (Lundell) Roy & Bisset	-	-	-	-	0,8	-	E
<i>C. ralfsii</i> Brébisson ex Ralfs	-	-	-	-	1,6	-	E
<i>C. reniforme</i> (Ralfs) Archer	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>C. subcostatum</i> Nordstedt	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Desmidium aptogonum</i> Brébisson ex Kützing	-	-	-	-	0,8	-	E
<i>D. grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) de Bary	-	-	0,4	-	0,8	0,7	F

<i>Dimorphococcus lunatus</i> Braun	1,0	-	0,5	-	-	-	PF
<i>Euastrum ampullaceum</i> Ralfs	-	-	0,8	-	-	-	E
<i>E. turgidum</i> Wallich	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>E. verrucosum</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	-	-	1,8	-	2,5	-	PF
TÁXONS	TR 1		TR 2		TR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
CHLOROPHYTA							
<i>Gloeocystis vesiculosa</i> Nägeli	1,5	5,6	-	-	0,8	-	F
<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohlin	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>K. diana</i> (Bohlin) Comas	-	5,6	-	-	-	-	E
<i>K. lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>Micrasterias alata</i> Wallich	0,7	-	0,5	-	-	-	PF
<i>M. decemdentata</i> (Nägeli) Archer	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>M. laticeps</i> Nordstedt	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>M. radians</i> Turner	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>M. rotata</i> Ralfs	0,1	-	-	-	-	-	E
<i>M. truncata</i> Brébisson ex Ralfs	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Microspora flocosa</i> (Vaucher) Thuret	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	-	-	-	3,4	-	1,5	PF
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	-	5,6	-	-	-	-	E
<i>M. intermedium</i> Hindák	-	-	-	69,0	-	-	E
<i>M. komarkovae</i> Nygaard	-	-	-	-	-	73,5	E
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	-	-	0,4	-	-	-	E
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	-	0,1	0,7	-	-	PF
<i>Pleodorina indica</i> (Lyengar) Nozaki	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>P. sp.</i>	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	-	-	1,3	2,1	0,8	2,2	F
<i>S. dimorphus</i> (Turpin) Kützing	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>S. ellipsoideus</i> Chodat	2,7	-	2,0	-	-	-	PF
<i>S. ellipticus</i> Corda	-	-	0,1	1,4	-	-	PF
<i>S. obliquus</i> (Turpin) Kützing	-	-	-	-	2,5	-	E
<i>Spirogyra pratensis</i> Transeau	6,5	-	2,2	-	1,6	1,5	F
<i>Staurastrum aculeatum</i> Meneghini ex Ralfs	1,5	-	0,3	-	2,5	-	F
<i>S. arctiscon</i> (Ehrenberg ex Ralfs) Lundell	-	-	0,4	-	-	-	E
<i>S. brasiliense</i> Nordstedt	-	-	0,1	-	-	-	E
<i>S. gracile</i> Ralfs ex Ralfs	-	-	-	-	4,9	-	E
<i>S. hexacerum</i> Wittrock	-	-	0,1	-	1,6	-	PF

<i>S. leptocladum</i> Nordstedt	-	-	1,2	-	1,6	-	PF
<i>S. manfeldtii</i> Delponte	8,2	-	0,4	-	-	-	PF
<i>S. mucronatum</i> Ralfs	4,1	-	4,1	-	-	-	PF
<i>S. ophiura</i> Lundell	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>S. rotula</i> Nordstedt	-	-	0,2	-	-	-	E
<i>S. sebaldi</i> Reinsch	0,2	-	0,5	-	0,8	-	F
	TR 1		TR 2		TR 3		
TÁXONS	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	F.O
CHLOROPHYTA							
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald	-	-	0,2	0,7	-	0,7	F
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	-	-	0,2	0,7	-	0,7	F
<i>Xanthidium fasciculatum</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,2	-	0,3	-	-	-	PF
Diversidade de Shannon (H')	3,36	0,83	3,91	1,50	3,29	1,30	
Equitabilidade (J)	0,85	0,52	0,84	0,49	0,89	0,42	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,05	0,62	0,03	0,48	0,06	0,55	

**Tabela 6.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Propriá (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (PR 1) região de Alagoas, (PR 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PR 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (MF) muito frequente, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	PR 1		PR 2		PR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena planctonica</i> Brunnthaler	0,6	-	-	-	-	-	E
<i>A. solitaria</i> Klebahn	0,6	-	-	-	-	-	E
<i>A. spiroides</i> Klebahn	-	-	0,7	-	-	6,3	PF
<i>Anagnostidinema amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, Johansen & Komárek	-	-	-	5,3	-	-	E
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	-	-	4,3	-	2,6	-	PF
<i>A. klebahnii</i> Elenkin ex Pechar	-	-	-	5,3	-	-	E
<i>Aphanocapsa koordesii</i> Strøm	1,0	-	-	-	-	-	E
<i>A. grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	2,5	-	-	-	-	-	E
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	2,1	-	-	-	-	-	E
<i>Coelosphaeriopsis halophila</i> Lemmermann	5,0	-	-	-	-	-	E
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (Singh) Komárek & Azevedo	11,1	13,7	12,1	-	22,4	12,5	MF
<i>Gloeocapsa conglomerata</i> Kützing	7,1	-	-	-	-	-	E
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Lyngbya martensiana</i> Meneghini ex Gomont	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Microcystis protocystis</i> Crow	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>Oscillatoria brevis</i> Kützing ex Gomont	-	-	1,4	-	1,7	-	PF
<i>O. limosa</i> Agardh ex Gomont	0,4	-	2,1	31,6	-	-	F.O
<i>O. simplicissima</i> Gomont	0,8	-	-	-	-	-	E
<i>O. tenuis</i> Agardh ex Gomont	-	-	2,8	-	-	-	E
<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont	-	-	0,7	-	-	-	E
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	0,6	-	-	-	0,9	-	PF
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	6,3	E

<i>Cymbella ventricosa</i> (Agardh) Agardh	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	7,5	2,7	-	-	-	18,8	F.O
<i>E. zebra</i> (Ehrenberg) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	2,8	-	6,9	-	PF
<i>E. monodon</i> Ehrenberg	4,8	-	-	-	-	6,3	PF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	1,5	-	1,4	-	-	-	PF
<i>F. virescens</i> Ralfs	0,4	-	-	-	-	-	E
TÁXONS	TR 1		TR 2		TR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	2,7	-	-	-	-	-	E
<i>Gyrosigma strigilis</i> (Smith) Griffin & Henfrey	-	-	-	-	-	6,3	E
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	2,7	-	-	-	12,9	-	PF
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	1,0	-	0,7	-	4,3	6,3	F
<i>Navicula annulata</i> Grunow	-	-	-	10,5	-	-	E
<i>N. cuspidata</i> (Kützing) Kützing	-	-	1,4	-	0,9	-	PF
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>N. filiformis</i> (Smith) Van Heurck	-	-	-	5,3	-	-	E
<i>N. hungarica</i> Grunow	-	-	0,7	-	4,3	-	PF
<i>N. longissima</i> (Brébisson) Ralfs	1,3	-	-	-	-	-	E
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	2,3	-	-	26,3	-	-	PF
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	6,4	-	-	-	E
<i>P. gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>P. platycephala</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	1,4	-	-	-	E
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Surirella guatimalensis</i> Ehrenberg	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>S. linearis</i> var. <i>constricta</i> Grunow	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>S. robusta</i> Ehrenberg	0,8	-	-	-	-	-	E
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow	4,4	-	-	-	-	-	E
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	3,3	1,4	-	5,3	14,7	-	F
<b>EUGLENOPHYTA</b>							
<i>Euglena gracilis</i> Klebs	-	-	2,1	-	-	-	E
<i>E. limnophila</i> Lemmermann	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>E. pusilla</i> Playfair	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Phacus pleuronectes</i> (Müller) Nitzsch ex Dujardin	-	-	0,7	-	-	-	E
<b>DINOPHYTA</b>							
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	6,5	-	3,5	-	2,6	-	F
<i>C. fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	-	-	3,5	-	1,7	-	PF

CHLOROPHYTA

<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	3,3	1,4	0,7	-	1,7	-	F
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Arthrodesmus convergens</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Asterococcus superbus</i> (Cienkowski) Scherffel	-	-	-	5,3	-	-	E
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>C. parvulum</i> Nägeli	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>C. ralfsii</i> Brébisson ex Ralfs	0,2	-	-	-	-	-	E

TÁXONS

	TR 1		TR 2		TR 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
CHLOROPHYTA							
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	-	-	2,8	-	-	-	E
<i>C. reticulatum</i> (Dangeard) Senn	-	-	5,0	-	-	-	E
<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>C. staurastroides</i> Eichler & Gutwinski	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Desmidium baileyi</i> (Ralfs) Nordstedt	-	-	2,8	-	-	6,3	PF
<i>D. grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,6	-	-	-	-	-	E
<i>Desmodesmus granulatus</i> (Oeste & West) Tsarenko	-	6,8	-	-	-	12,5	E
<i>Euastrum turgidum</i> Wallich	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	2,9	-	0,7	-	0,9	12,5	F
<i>Gloeocystis polydermatica</i> (Kützing) Hindák	-	6,8	-	-	1,7	6,3	F
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	-	-	5,3	-	-	E
<i>K. obesa</i> (Oeste) Oeste & West	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>Micrasterias decemdentata</i> (Nägeli) Archer	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	-	11,0	-	-	-	-	E
<i>M. komarkovae</i> Nygaard	-	52,1	-	-	-	-	E
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	2,1	1,4	-	-	-	-	PF
<i>S. ellipticus</i> Corda	-	2,7	16,3	-	15,5	-	F
<i>S. obtusus</i> Meyen	0,4	-	-	-	-	-	E
<i>Selenastrum bibrainum</i> Reinsch	0,2	-	1,4	-	-	-	PF
<i>Sphaeroszma granulatum</i> Roy & Bisset	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Spirogyra pratensis</i> Transeau	2,3	-	-	-	0,9	-	PF
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) West & West	-	-	1,4	-	-	-	E
<i>Staurastrum arcticon</i> (Ehrenberg ex Ralfs) Lundell	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>S. leptocladum</i> Nordstedt	7,1	-	5,0	-	3,4	-	F
<i>S. manfeldtii</i> Delponte	1,3	-	-	-	-	-	E

<i>S. ophiura</i> Lundell	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>S. sebaldi</i> Reinsch	2,3	-	3,5	-	-	-	PF
<i>S. trifidum</i> Nordstedt	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Staurodesmus convergens</i> (Ehrenberg ex Ralfs) Lillieroth	-	-	0,7	-	-	-	E
<i>Westella botryoides</i> (Oeste) De Wildeman	-	-	3,5	-	-	-	E
<i>Xanthidium regulare</i> Nordstedt	-	-	0,7	-	-	-	E
Diversidade de Shannon (H')	3,37	1,56	3,19	1,88	2,37	2,31	
Equitabilidade (J)	0,84	0,69	0,87	0,86	0,83	0,87	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,05	0,32	0,06	0,19	0,13	0,11	

**Tabela 7.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Igreja Nova (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (IN 1) região de Alagoas, (IN 2) região entre Alagoas e Sergipe, (IN 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (MF) muito frequente, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	IN 1		IN 2		IN 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena solitaria</i> Klebahn	0,3	-	0,3	2,9	-	-	F
<i>A. spiroides</i> Klebahn	0,6	-	-	-	2,2	-	PF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	1,0	-	0,5	-	2,2	-	F
<i>Aphanocapsa koordesii</i> Strøm	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>A. annulata</i> McGregor	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>A. grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	1,6	-	2,1	-	-	-	PF
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	2,6	-	2,6	-	-	-	PF
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (Singh) Komárek & Azevedo	16,1	-	25,9	-	-	-	PF
<i>Microcystis protocystis</i> Crow	0,3	-	-	-	-	-	E
<i>Oscillatoria anguina</i> Bory ex Gomont	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>O. limosa</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	1,4	2,2	4,8	F
<i>O. tenuis</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont	1,3	-	1,8	-	-	-	PF
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	1,1	-	6,2	-	-	-	PF
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	0,6	-	1,3	-	-	-	PF
<i>Biddulphia pulchella</i> Gray	-	-	-	1,4	-	-	E
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	-	-	-	21,4	-	-	E
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	-	20,0	-	21,4	-	-	PF

<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley) Cleve	-	-	0,3	-	-	-	E	
<i>C. excisiformis</i> Krammer	-	-	0,3	-	-	-	E	
<i>C. heteropleura</i> (Ehrenberg) Kützing	0,2	-	0,8	-	-	-	PF	
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	10,5	-	9,3	10,0	-	33,3	F	
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	4,4	-	E	
<i>E. monodon</i> Ehrenberg	3,2	-	4,7	2,9	-	4,8	F	
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	-	-	0,5	-	2,2	-	PF	
<i>F. virescens</i> Ralfs	0,2	-	-	-	-	-	E	
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	1,3	-	0,3	-	-	-	PF	
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,2	-	-	-	-	-	E	
			IN 1		IN 2		IN 3	F.O
TÁXONS	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP		
<b>BACILLARIOPHYTA</b>								
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	6,3	-	2,6	2,9	-	-	F	
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	1,4	-	-	-	-	-	E	
<i>Navicula americana</i> Ehrenberg	-	-	-	2,9	-	-	E	
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E	
<i>N. pupula</i> Kützing	0,8	-	-	-	-	-	E	
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	3,4	-	2,1	1,4	2,2	4,8	MF	
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	8,5	-	3,1	-	-	-	PF	
<i>Pinnularia dactylus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	4,8	E	
<i>P. platycephala</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	2,2	-	E	
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) Smith	-	-	-	-	-	4,8	E	
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	-	-	-	-	4,4	-	E	
<i>S. guatemalensis</i> Ehrenberg	0,6	-	-	-	-	-	E	
<i>S. linearis</i> Smith	1,1	-	1,6	-	-	-	PF	
<i>S. spiralis</i> Kützing	0,3	-	-	-	-	-	E	
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	0,5	-	0,8	-	-	-	PF	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	8,5	-	7,0	-	11,1	4,8	F	
<b>EUGLENOPHYTA</b>								
<i>Euglena agilis</i> Carter	-	-	-	1,4	-	-	E	
<i>E. splendens</i> Dangeard	0,2	-	-	-	-	-	E	
<i>Phacus triqueter</i> (Ehrenberg) Perty	0,3	-	-	-	-	-	E	
<b>DINOPHYTA</b>								
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	9,3	-	4,4	-	PF	
<b>CHLOROPHYTA</b>								
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	2,4	-	1,6	1,4	4,4	-	F	
<i>Arthrodesmus convergens</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,6	-	-	-	-	-	E	

<i>Asterococcus superbis</i> (Cienkowski) Scherffel	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>Closterium diana</i> e Ehrenberg ex Ralfs	1,3	-	1,6	-	-	-	PF
<i>C. parvulum</i> Nägeli	0,3	-	0,3	-	-	-	PF
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	0,2	-	-	-	11,1	-	PF
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lundell) Roy & Bisset	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>Cylindrocystis brebissonii</i> (Ralfs) De Bary	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	0,2	-	0,3	-	-	-	PF
<i>Desmodesmus granulatus</i> (West & West) Tsarenko	-	20,0	-	2,9	-	-	PF
<i>Euastrum subhypochondrum</i> Fritsch & Rich	0,3	-	-	-	-	-	E
<i>E. turgidum</i> Wallich	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	2,1	60,0	1,3	2,9	-	-	F
	IN 1		IN 2		IN 3		F.O
TÁXONS	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
CHLOROPHYTA							
<i>Gloeocystis polydermatica</i> (Kützing) Hindák	-	-	-	4,3	8,9	9,5	F
<i>Kirchneriella diana</i> e (Bohlin) Comas	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>K. obesa</i> (West) West & West	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>Micrasterias rotata</i> Ralfs	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>M. alata</i> Wallich	-	-	-	-	2,2	-	E
<i>M. decemdentata</i> (Nägeli) Archer	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	-	-	-	5,7	-	28,6	PF
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,3	-	-	5,7	-	-	PF
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> (Korshikov) Hindák	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	1,9	-	1,0	-	-	-	PF
<i>S. dimorphus</i> (Turpin) Kützing	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>S. ellipticus</i> Corda	3,7	-	3,6	-	-	-	PF
<i>Selenastrum westii</i> Smith	-	-	1,3	-	-	-	E
<i>Spirogyra pratensis</i> Transeau	5,0	-	1,3	-	2,2	-	F
<i>Staurastrum arcticon</i> (Ehrenberg ex Ralfs) Lundell	-	-	-	1,4	-	-	E
<i>S. leptocladum</i> Nordstedt	5,5	-	1,8	4,3	6,7	-	F
<i>S. manfeldtii</i> Delponte	0,5	-	-	-	-	-	E
<i>S. margaritaceum</i> Meneghini ex Ralfs	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>S. ophiura</i> Lundell	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>S. sagittarium</i> Nordstedt	-	-	-	1,4	-	-	E
<i>S. sebaldi</i> Reinsch	1,1	-	1,6	-	-	-	PF
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald	0,2	-	0,3	-	-	-	E
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	6,7	-	E
<i>Westella botryoides</i> (Oeste) De Wildeman	-	-	-	-	2,2	-	E

Diversidade de Shannon (H')	3,13	0,95	2,85	2,52	3,05	1,82
Equitabilidade (J)	0,78	0,86	0,78	0,85	0,94	0,83
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,07	0,44	0,11	0,12	0,06	0,22

**Tabela 8.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Piaçabuçu (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (PU 1) região de Alagoas, (PU 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PU 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	PU 1		PU 2		PU 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena circinalis</i> Rabenhorst ex Bornet & Flahault	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>A. solitaria</i> Klebahn	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>A. spiroides</i> Klebahn	0,2	-	0,3	-	-	-	PF
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Aphanocapsa koordesii</i> Strøm	0,5	-	-	-	-	-	E
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	-	-	1,2	-	1,8	-	PF
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	1,6	-	-	-	0,1	-	PF
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (Singh) Komárek & Azevedo	0,7	-	-	-	3,5	-	PF
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Microcystis brasiliensis</i> (De Azevedo & Sant' Anna) Rigonato et al.	-	-	0,9	-	-	-	E
<i>M. protocystis</i> Crow	1,1	-	-	-	-	-	E
<i>Oscillatoria tenuis</i> Agardh ex Gomont	-	-	1,5	-	0,4	-	PF
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory ex Greville) Hustedt	-	-	0,9	-	-	-	E
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	25,3	-	19,1	-	14,5	-	F
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	3,9	-	7,0	-	PF
<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	4,6	-	4,5	-	7,0	-	F
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	2,4	-	-	-	E

<i>E. monodon</i> Ehrenberg	3,0	-	-	-	4,4	-	PF
<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	0,5	-	-	-	-	-	E
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	0,2	-	0,3	-	-	-	PF
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	9,9	-	6,7	-	9,6	-	F
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	0,2	-	-	-	0,4	-	PF
<i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing	-	-	0,9	-	-	-	E
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	0,9	-	-	-	-	-	E
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	3,4	-	1,2	-	-	-	PF
<i>Pinnularia lata</i> (Brébisson) Smith	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>P. platycephala</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	1,8	-	-	-	E
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	0,5	-	-	-	-	-	E
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg	-	-	0,6	-	-	-	E
TÁXONS	PU 1		PU 2		PU 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
BACILLARIOPHYTA							
<i>S. linearis</i> Smith	0,7	-	-	-	-	-	E
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	5,7	-	6,4	-	7,0	-	F
EUGLENOPHYTA							
<i>Euglena caudata</i> Hübner	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>E. megalithos</i> Skuja	-	-	-	-	0,4	-	E
DINOPHYTA							
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	2,1	-	1,2	-	0,4	-	F
<i>C. fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	-	-	0,3	-	0,4	-	PF
<i>Peridinium</i> sp.	-	-	0,3	-	-	-	E
CHLOROPHYTA							
<i>Actinastrum aciculare</i> Playfair	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	16,8	-	8,2	-	16,2	-	F
<i>Asterococcus superbis</i> (Cienkowski) Scherffel	-	-	3,3	-	1,8	-	PF
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Closterium parvulum</i> Nägeli	0,2	-	-	-	-	-	E
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris 1867	0,5	-	9,1	-	5,3	-	F
<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst	-	-	0,6	-	1,8	-	PF
<i>Cosmarium moniliforme</i> Ralfs	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Cosmarium quadrum</i> Lundell	-	-	0,3	-	-	-	E
<i>Cosmarium reniforme</i> (Ralfs) Archer	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) Hegewald	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Desmodesmus maximus</i> (West & West) Hegewald	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	3,0	-	0,9	-	-	-	PF

<i>Gloeocystis polydermatica</i> (Kützing) Hindák	-	-	5,5	-	2,2	-	PF		
<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas	-	-	0,6	-	0,4	-	PF		
<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & West	1,4	-	-	-	-	-	E		
<i>Micrasterias decemdentata</i> (Nägeli) Archer	-	-	0,3	-	-	-	E		
<i>Pectinodesmus pectinatus</i> (Meyen) Hegewald, Wolf, Keller, Friedl & Krienitz	-	-	0,9	-	-	-	E		
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	0,7	-	0,6	-	1,8	-	F		
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	0,9	-	-	-	-	-	E		
<i>Pleodorina indica</i> (Lyengar) Nozaki	-	-	0,6	-	1,3	-	PF		
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	0,2	-	0,6	-	-	-	PF		
<i>S. bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	1,8	-	-	-	-	-	E		
<i>S. ellipticus</i> Corda	-	-	-	-	1,3	-	E		
<i>S. maximus</i> (Oeste & West) Chodat	0,7	-	-	-	-	-	E		
<i>S. obtusus</i> Meyen	-	-	5,2	-	-	-	E		
			PU 1		PU 2		PU 3		F.O
TÁXONS	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP			
<b>CHLOROPHYTA</b>									
<i>Selenastrum minutum</i> (Nägeli) Collins	0,7	-	-	-	-	-	-	E	
<i>Spirogyra pratensis</i> Transeau	1,1	-	0,3	-	0,9	-	-	F	
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	7,8	-	5,5	-	5,7	-	-	F	
<i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte	1,4	-	-	-	-	-	-	E	
<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt	-	-	-	-	0,4	-	-	E	
<i>Staurastrum sebaldi</i> Reinsch	1,1	-	0,9	-	-	-	-	PF	
<i>Tetradesmus bernardii</i> (Smith) Wynne	-	-	-	-	0,4	-	-	E	
<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	0,4	-	-	E	
Diversidade de Shannon (H')	2,65	-	3,01	-	2,84	-	-		
Equitabilidade (J)	0,75	-	0,82	-	0,81	-	-		
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,12	-	0,07	-	0,08	-	-		

**Tabela 9.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região do município de Penedo (Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (PU 1) região de Alagoas, (PU 2) região entre Alagoas e Sergipe, (PU 3) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (PF) pouco frequente, (E) esporádico, (-) dados não existentes.

TÁXONS	PE 1		PE 2		PE 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>							
<i>Anabaena spiroides</i> Klebahn	-	-	1,3	-	0,8	-	PF
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>A. delicatissima</i> West & West	-	-	-	-	0,6	-	E
<i>Aphanothece elabens</i> (Brébisson ex Meneghini) Elenkin	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Arthrospira platensis</i> Gomont	-	-	1,3	-	-	-	E
<i>Geitlerinema unigranulatum</i> (Singh) Komárek & Azevedo	-	-	0,6	-	1,9	-	PF
<i>Gloeocapsa conglomerata</i> Kützing	-	-	-	-	0,8	-	E
<i>Lyngbya wollei</i> (Farlow ex Gomont) Speziale & Dyck	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	-	1,9	-	-	-	E
<i>M. protocystis</i> Crow	-	-	-	-	0,8	-	E
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>O. platensis</i> (Gomont) Bourrelly	-	-	0,6	-	-	-	E
<b>BACILLARIOPHYTA</b>							
<i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	0,6	-	1,1	-	PF
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	-	-	1,3	-	-	-	E
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	-	-	1,9	-	-	-	E
<i>Cymbella prostrata</i> (Berkeley) Cleve	-	-	-	-	0,4	-	E

<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	5,1	-	E
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	-	-	1,3	-	4,5	-	PF
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Ehrenberg	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	-	-	12,5	-	21,2	-	PF
<i>Navicula elegans</i> Smith	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Nitzschia hungarica</i> Grunow	-	-	1,3	-	0,2	-	PF
<i>N. scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	-	-	-	-	4,5	-	E
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Quekett) Smith	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Rhizosolenia longiseta</i> Zacharias	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	-	-	-	-	0,6	-	E
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson ex Cleve & Grunow	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	-	-	0,6	-	-	-	E
	PE 1		PE 2		PE 3		F.O
TÁXONS	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
BACILLARIOPHYTA							
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	4,4	-	2,3	-	PF
EUGLENOPHYTA							
<i>Strombomonas bonariensis</i> (Seckt) Huber-Pestalozzi	-	-	-	-	0,2	-	E
DINOPHYTA							
<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	2,5	-	1,5	-	PF
CHLOROPHYTA							
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	-	-	0,6	-	1,1	-	PF
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>C. parvulum</i> Nägeli	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	-	8,8	-	21,2	-	PF
<i>C. reticulatum</i> (Dangeard) Senn	-	-	-	-	7,0	-	E
<i>Cosmarium margaritatum</i> (Lundell) Roy & Bisset	-	-	-	-	0,8	-	E
<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary	-	-	5,6	-	0,6	-	PF
<i>Desmodesmus granulatus</i> (West & West) Tsarenko	-	-	3,8	-	-	-	E
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	-	-	1,3	-	4,0	-	PF
<i>Gloeocystis vesiculosa</i> Nägeli	-	-	7,5	-	-	-	E
<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>K. lunaris</i> (Kirchner) Möbius	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>K. obesa</i> (Oeste) Oeste & West	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Micrasterias decemdentata</i> (Nägeli) Archer	-	-	-	-	0,2	-	E

<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>M. griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	-	-	11,3	-	-	-	E
<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory	-	-	15,6	-	-	-	E
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	-	0,6	-	0,4	-	PF
<i>Pleodorina californica</i> Shaw	-	-	-	-	3,4	-	E
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Lagerheim	-	-	-	-	1,5	-	E
<i>S. ellipsoideus</i> Chodat	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>S. ellipticus</i> Corda	-	-	-	-	2,3	-	E
<i>Sphaerosoma laeve</i> (Nordstedt) Thomassom	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Spirogyra pratensis</i> Transeau	-	-	1,3	-	0,4	-	PF
<i>Staurastrum crenulatum</i> (Nägeli) Delponte	-	-	0,6	-	-	-	E
<i>S. leptocladum</i> Nordstedt	-	-	6,3	-	5,7	-	PF
<i>S. sebaldi</i> Reinsch	-	-	-	-	0,4	-	E
<i>S. senarium</i> Ralfs	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>S. spinosum</i> Ralfs	-	-	-	-	0,2	-	E
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) Hegewald	-	-	0,6	-	-	-	E
TÁXONS	PE 1		PE 2		PE 3		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	ARS	ARP	
CHLOROPHYTA							
<i>Westella botryoides</i> (West) De Wildeman	-	-	0,6	-	-	-	E
Diversidade de Shannon (H')	-	-	2,89	-	2,78	-	
Equitabilidade (J)	-	-	0,82	-	0,73	-	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	-	-	0,08	-	0,11	-	



**Tabela 10.** Percentual de distribuição do microfitoplâncton na região da Foz Baixo Rio São Francisco). (ARS) Abundância relativa da superfície (%), (ARS) Abundância relativa de profundidade (%), (FOZ 1) região de Alagoas, (FOZ 2) região de Sergipe, (FO) categorias de frequência de ocorrência, (PF) muito frequente, (F) frequente, (PF) pouco frequente, (-) dados não existentes.

TÁXONS	FOZ 1		FOZ 2		F.O
	ARS	ARP	ARS	ARP	
<b>CYANOBACTERIA</b>					
<i>Oscillatoria brevis</i> Kützing ex Gomont	0,8	-	-	-	PF
<i>O. limosa</i> Agardh ex Gomont	-	-	-	1,2	PF
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	-	-	-	1,2	PF
<b>BACILLARIOPHYTA</b>					
<i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing	3,0	-	-	-	PF
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	3,0	-	-	-	PF
<i>Biddulphia pulchella</i> Gray	2,3	-	-	-	PF
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	4,5	5,9	23,1	80,4	MF
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	72,0	88,2	76,9	-	MF
<i>Epithemia argus</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	3,7	PF
<i>Euastrum attenuatum</i> Wolle	0,8	-	-	-	PF
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	1,5	5,9	-	1,2	PF
<i>Gyrosigma strigilis</i> (Smith) Griffin & Henfrey	1,5	-	-	-	PF
<i>Melosira arenaria</i> Moore ex Ralfs	2,3	-	-	-	PF
<i>Navicula elegans</i> Smith	0,8	-	-	-	PF
<i>Nitzschia scalaris</i> (Ehrenberg) Smith	-	-	-	4,3	PF
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Kützing) Grunow	4,5	-	-	-	PF
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	0,8	-	-	7,4	F
<b>CHLOROPHYTA</b>					
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	1,5	-	-	-	F
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	0,8	-	-	-	PF
<i>S. orbiculare</i> Meneghini ex Ralfs	-	-	-	0,6	PF
Diversidade de Shannon (H')	1,28	0,45	0,54	0,82	
Equitabilidade (J)	0,47	0,41	0,78	0,39	
Dominância de Simpson ( $\lambda$ )	0,53	0,78	0,65	0,66	

**PARTE III**  
**SOCIOECONOMIA E EDUCAÇÃO**  
**AMBIENTAL**





## A agricultura familiar no baixo São Francisco: perfil sócio produtivo e segurança alimentar

*Family farming in the lower São Francisco: socio-productive profile and food security*

Rafael Navas<sup>13</sup>; Emerson Fonseca de Oliveira Filho<sup>14</sup>; Guilherme Netter<sup>15</sup>

### RESUMO

A agricultura familiar no Baixo São Francisco é composta pela diversidade de sujeitos, que buscam por meio do manejo dos recursos naturais garantir sua sobrevivência. É partindo dessa diversidade, que o presente trabalho busca caracterizar as famílias nos aspectos sócio produtivos e verificar a situação de segurança alimentar. A coleta de dados ocorreu com uso de técnicas qualitativas de pesquisa. A agricultura familiar é representada por assentados da reforma agrária, pequenos sítiantes, extrativistas e pescadores artesanais. Em todas as comunidades analisadas, é evidente a baixa escolaridade entre os adultos, em especial os homens, bem como não há sistema de tratamento de esgoto e é restrito os locais com coleta de resíduos. O acesso à água é um dos principais problemas das famílias, limitando o desenvolvimento de atividades produtivas e refletindo na segurança alimentar. Atividades econômicas que buscam a convivência com as condições ambientais, como apicultura e extrativismo, tem se mostrado promissoras para o desenvolvimento rural, bem como acesso aos programas de compras governamentais. A pesca artesanal apresenta dificuldades de realização, em razão das mudanças ambientais e na ocorrência das espécies, com impacto na manutenção das famílias.

**Palavras chave:** Extrativismo; Pesca artesanal; Assentamentos; EBIA; Desenvolvimento rural.

### ABSTRACT

Family farming in the Lower São Francisco is composed by the diversity of subjects, who seek through the management of natural resources to guarantee their survival. It is from this diversity that the present work seeks to characterize families in socio-productive aspects and to verify the situation of food security. Data collection was realized using qualitative research techniques. Family farming is represented by land reform settlers, small farmers, extractivists and artisanal fishermen. In all the analyzed communities, low education among adults, especially among men, is evident, as well as there is no sewage treatment system and places with waste collection are restricted. Access to water is one of the main problems for families, limiting the development of productive activities and reflecting on food security. Economic activities that seek to live with environmental conditions, such as beekeeping and extractivism, have shown

<sup>13</sup> Professor da Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias.  
rafael.navas@ceca.ufal.br

<sup>14</sup> Graduando em Agroecologia – Universidade Federal de Alagoas. emersonvinil@yahoo.com.br

<sup>15</sup> Graduando em Engenharia Florestal - Universidade Federal de Alagoas. gnetter@msn.com

promise for rural development, as well as access to government programs. Artisanal fishing presents difficulties in realization, due to environmental changes and the occurrence of species, with an impact on the maintenance of families.

**Key words:** Extractivism; Artisanal fishing; Settlements; EBIA; Rural development.

## INTRODUÇÃO

A região do Baixo São Francisco se caracteriza pelos grandes investimentos estatais e privados direcionados principalmente para o setor hidrelétrico e para a modernização da agricultura, com a criação de perímetros irrigados. Essa região é uma das mais conflitantes do Nordeste brasileiro, pois localiza-se em ambiente árido, em que a água é a principal força motriz das comunidades rurais. Dessa forma, fatores ligados a pesca, aquicultura, geração de energia elétrica, poluição oriunda dos esgotos das cidades, assoreamento, uso de agrotóxicos, desmatamento de matas ciliares, avanço da cunha salina, alterações de vazão, endemismo de espécies, entre outras atividades, refletem diretamente na vida social, econômica e ambiental dessa região.

O Baixo São Francisco passou por grandes impactos a partir da construção das hidrelétricas, com alterações na dinâmica ambiental (CUNHA, 2006; VARGAS, 1999) e como consequência, as comunidades ribeirinhas enfrentam até hoje dificuldades para manter os modos de reprodução social no lugar, em decorrência dos impactos socioambientais que as colocam em situação de risco social, principalmente os pescadores, gerando incertezas sobre a continuidade dessa atividade, devido à crescente redução do pescado, bem como dos problemas para a agricultura decorrente do aumento da cunha salina. Pesquisas tem evidenciado que a redução de vazão e carga de sedimentos afetaram as atividades de navegação, pesca e agricultura (MARTINS et al., 2011; HOLANDA et al., 2009).

Os conflitos na região ocorrem em torno do controle sobre os recursos naturais, com implicações em todas as dimensões da vida social e impactos ao meio ambiente, como contaminação do solo e da água, esgotamento dos recursos e degradação dos ecossistemas (LITTLE, 2001).

Além dos fatores citados, as classes de solo predominantes exercem forte influência nas formas de uso do espaço agrícola. Os principais rios que integram as grandes regiões hidrográficas e que desaguam no Baixo São Francisco, em sua maior parte, sofrem com o período de estiagem e não dispõem de águas em seus leitos permanentemente. Este fato está diretamente relacionado aos aspectos climáticos da região. Contudo, a sua ocorrência serve para evidenciar ainda mais o papel fundamental

que o rio desempenha no cotidiano das populações situadas no semiárido, especialmente para o desenvolvimento da agricultura, pecuária e abastecimento humano. Do total de bacias que desaguam no Baixo São Francisco, apenas sete rios dispõem de água durante praticamente todos os meses do ano.

Diante desse contexto, a região apresenta um conjunto diversificado de sistemas agrícolas, formados por áreas ocupadas predominantemente com cana-de-açúcar, arroz, milho, feijão, algodão, entre outras lavouras de autoconsumo (NASCIMENTO et al., 2013). Se destaca também pelos assentamentos rurais, com produção de grãos, frutas, leite, hortaliças e criação de pequenos animais, dando um bom exemplo da diversidade existente.

Segundo Nascimento e Oliveira (2016) no Baixo São Francisco em Alagoas, ainda há predomínio das áreas dedicadas às pastagens, seguido de áreas agrícolas, com destaque para cana-de-açúcar e arroz. Sabe-se que no manejo das grandes culturas, como as acima citadas, faz-se uso de agrotóxicos, entretanto não existem informações a respeito dos principais princípios ativos utilizados na região. Quanto a vegetação nativa, a área corresponde a 10,96%, sendo dispersa por toda a área em pequenos fragmentos (IBGE, 2019; NASCIMENTO e OLIVEIRA, 2016).

Nesse cenário, os dados apresentados nessa seção buscam caracterizar a agricultura familiar e suas organizações no Baixo São Francisco.

## **O TRABALHO DE CAMPO PARA COLETA DE DADOS**

O trabalho de levantamento de dados ocorreu nos municípios percorridos pela Expedição Científica, nos estados de Alagoas e Sergipe, sendo: Piranhas, Traipu, Igreja Nova, Porto Real do Colégio e Piaçabuçu no estado de Alagoas; e Neópolis no estado de Sergipe. Em algumas localidades, como Pão de Açúcar, Penedo e Brejo Grande não realizou-se coleta de dados, pois mesmo com a realização das ações prévias, pela logística e dias de realização da Expedição, não foi possível às comunidades estarem em seus bairros para a realização das entrevistas. Isso se deve aos dias em que as famílias vão para as cidades realizarem a venda de seus produtos e também ações que já haviam sido agendadas entre os grupos e impossibilitaram a realização do trabalho de campo para coleta de dados.

Previamente à Expedição, a equipe da Universidade Federal de Alagoas juntamente com o Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de

Alagoas (EMATER) definiram os grupos e o contato prévio foi realizado, bem como a agenda de visitas aos mesmos.

As informações aqui apresentadas foram obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas com famílias de cada comunidade (realizaram-se entre 11 e 25 entrevistas em cada comunidade), identificando aspectos socioeconômicos, ambientais e produtivos. Essa técnica é uma combinação de perguntas fechadas e abertas e de acordo com Triviños (1987) permite ao informante discorrer sobre suas experiências, a partir do foco principal proposto pelo pesquisador, além de permitir respostas livres e espontâneas do informante.

Para o levantamento de informações sobre consumo alimentar foi utilizada a frequência de consumo, sendo um questionário composto por uma lista de alimentos e bebidas, apresentado ao indivíduo, que indicou a frequência de ingestão semanal, classificando o consumo como: raro (alimento consumido no máximo uma vez por semana), pouco (item consumido de 2 a 3 vezes por semana) e frequente (item consumido mais de 3 vezes na semana) (HOLANDA e BARROS FILHO, 2006), com identificação da origem dos produtos.

Para o diagnóstico de segurança alimentar foi utilizada a versão curta da Escala Brasileira de Insegurança Alimentar (EBIA), proposta por Santos et al. (2014).

No município de Neópolis/SE visando a coleta de informações sobre a percepção de ocorrência das espécies de pescados, utilizou-se adaptação da técnica de listagem livre, na qual cada pescador(a) foi estimulado a nomear as espécies que pesca/captura independentemente da finalidade, classificando-as como frequentes e raras/pouco comuns. A listagem livre é considerada um método bem estabelecido, relacionado às fronteiras de domínios culturais, que parte do pressuposto que quando as pessoas listam livremente elas tendem a citar os termos em ordem de familiaridade - os indivíduos que sabem mais sobre o conteúdo solicitado listam mais do que aquelas que sabem menos - e os termos que são mais lembrados indicam que são localmente mais proeminentes. Considera-se que as espécies mencionadas com frequência indicam um conhecimento comum entre os indivíduos, ou consenso, dentro de uma determinada cultura ou grupo (QUINLAN, 2005).

## **RESULTADOS OBTIDOS**

### ***A PRODUÇÃO DE MEL NO SERTÃO ALAGOANO COMO ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL***

### *O Projeto Arajuba*

O Arajuba (significa mel da cor dourada) é um projeto de fortalecimento da apicultura no sertão de Alagoas, cuja proposta está relacionada às atividades que o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) desenvolve junto às áreas de assentamentos e acampamentos, pensando no desenvolvimento produtivo, ambiental e econômico dessas áreas, tendo a apicultura se mostrado uma atividade possível e necessária, sobretudo nessa região semiárida. O projeto no alto sertão alagoano está inserido nos municípios de Inhapi, Mata Grande, Delmiro Gouveia, Olho D'água do Casado e Piranhas e iniciou no final do ano de 2014 e conta com aproximadamente 80 participantes.

O Arajuba teve início por meio de uma parceria entre o MST e a Fundação Interamericana, que proporcionou suporte para o desenvolvimento de algumas ações, desde a base da cadeia produtiva nas áreas de assentamentos rurais com o fornecimento de caixas, insumos, materiais e assistência técnica para as famílias poderem desenvolver a apicultura, e formação, que envolveu a implantação e manutenção dos apiários, e a comercialização dos produtos, que vem ocorrendo nas feiras locais e feiras da reforma agrária.

Com esse aporte de material e assistência técnica, o MST desenvolveu núcleos apícolas em algumas áreas de assentamentos, iniciando o projeto e em seguida realizando inserções nas ações da cadeia produtiva, com processos de formação, capacitação, até a produção do mel. Em uma etapa futura, está viabilizando a instalação do entreposto do mel, que consiste no processamento do produto, partindo-se da centrifugação até o envasamento de forma industrial, haja visto que a comercialização ocorre de forma artesanal. Contudo, o MST está realizando os procedimentos legais para a instalação da agroindústria.

Atualmente o projeto se desenvolve em dez assentamentos, envolvendo jovens, mulheres e homens, e segundo a coordenadora *“há uma reconexão e um pertencimento do homem com o campo, uma relação com a natureza que a apicultura possibilita, com fator adicional na promoção da preservação ambiental também”*.

Para a coordenadora, o Projeto vem se aprimorando e um fator diferenciado da melhor qualidade do mel produzido é o fato de trabalharem com florada nativa da caatinga, proporcionando um mel com cor e sabor diferenciados. Outro ponto focal do Projeto é a forma de produção do mel, baseado no trabalho coletivo nos assentamentos, que envolve o manejo, mas também as relações humanas integradas com a preservação

do meio ambiente. Adicionalmente, busca o envolvimento da juventude, que tem sido a base desse trabalho, promovendo a troca de saberes entre diversos assentamentos e contribuindo para que o jovem permaneça no campo produzindo, agregando renda as famílias, por meio do desenvolvimento de uma atividade que aproveita o potencial da região e a “nova” relação homem natureza, preservando as abelhas. Destaca-se também que muitos jovens inseridos na atividade são filhos e netos de assentados, que vem auxiliando na forma de manejo, captura e manutenção das abelhas africanizadas. Todas os envolvidos no Projeto fazem parte das associações de produção da agricultura familiar dos assentamentos, com histórico organizativo nas mais variadas áreas, como a social, por meio do acompanhamento das escolas, a dimensão econômica, com o planejamento da produção primária e a comercialização no mercado local, e o político, com a organização de espaços de representação coletivo.

#### *Os apicultores entrevistados*

A faixa etária das famílias entrevistadas (gráfico 1) mostra presença expressiva de jovens, que continuam residindo no meio rural. Esse dado reforça as ações, políticas e projetos específicos para esse público, buscando fonte de trabalho, renda e meios para sua permanência no campo. Em pesquisa no estado de Sergipe, Oliveira et al. (2010) também observaram presença expressiva de jovens na apicultura, evidenciando que esse grupo em fase de afirmação no mercado de trabalho estava se interessando pela atividade.

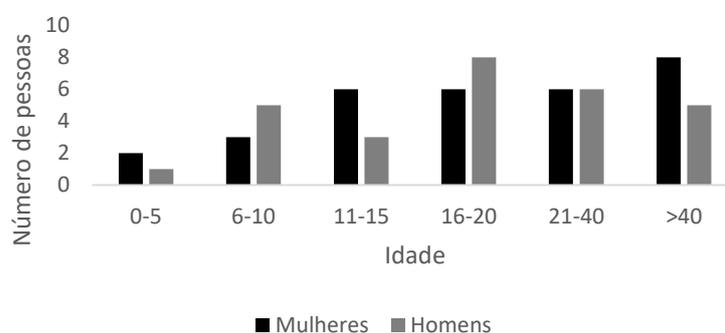


Gráfico 1. Faixa etária dos entrevistados.

De acordo com presente estudo é possível observar que a ocupação de todos os moradores é com atividades agropecuárias, nos quais cerca de 30 jovens e adultos se dedicam a essa prática, com destaque para a apicultura, que vem sendo desenvolvida recentemente com a implantação do projeto Arajuba. Outras pesquisas tem demonstrado que essa atividade pode contribuir com a renda e permanência dos jovens no meio rural (CANO et al., 2015; CONCEIÇÃO et al., 2012). Diferentemente de outros casos no Nordeste (OLIVEIRA, 2015), a apicultura no sertão alagoano vem sendo desenvolvida também pela população jovem, por meio do incentivo do Projeto Arajuba, contribuindo para a permanência desse grupo no meio rural.

Quanto a escolaridade, verifica-se alto número de membros das famílias se dedicando aos estudos (46%), possivelmente, devido ao quantitativo de crianças e adolescentes e a presença do Programa Bolsa Família, pelo qual 79% dos núcleos familiares tem acesso. Porém, 10% dos membros destas famílias (adultos em sua maioria), não são alfabetizados e 14% concluíram o ensino médio.

Com relação a moradia, 93% das casas são de alvenaria e 7% de taipa, pois em alguns casos, não houve liberação de recursos para construção das residências por meio do Programa de Habitação Rural. Todas as residências possuem energia elétrica, porém nenhuma dispõe de sistema de tratamento de esgoto, possuindo fossa negra. Quanto ao destino dos resíduos, a alternativa encontrada pelas famílias é a queima, devido à ausência de coleta pela rede pública.

A fonte principal de renda de todas as famílias entrevistadas se dá com a produção de mel, tendo as demais criações (galinha, ovelha, boi, cabra e porco) a finalidade de autoconsumo e venda de algum excedente. Os agricultores inseridos no projeto têm realidades distintas, porém nota-se que a produção agrícola e animal é direcionada para o autoconsumo. A explicação mais plausível para este fato deve-se aos plantios ocorrerem apenas na estação chuvosa e mesmo sendo uma fonte de renda não monetária, pois a família deixa de comprar esses alimentos, acaba por reduzir o ingresso de recursos financeiros, já que o excedente normalmente é comercializado em determinadas épocas e a preços baixos, o que limita a manutenção das famílias e a compra de outros bens necessários não produzidos localmente. Nessa lógica, os

agricultores tem buscado otimizar os sistemas agrícolas com a produção de insumos locais, onde 83% produzem os alimentos para os animais e apenas 17% combinam a produção com a compra parcial dos alimentos, agregando mais autonomia para as famílias e menor dependência externa de insumos. Mesmo com as dificuldades para a prática da agricultura, o cultivo de palma e pequenas áreas de pastagem tem contribuído para o manejo das criações.

Além da criação animal, os cultivos vegetais também são importantes para a manutenção das famílias, havendo diversidade de cultivos, tanto frutíferas, quanto hortaliças e raízes, sendo milho e feijão as mais cultivadas. Essa produção se caracteriza essencialmente para autoconsumo e a venda é realizada com os excedentes, tendo importância como fonte de renda não monetária. Porém, devido as condições climáticas, os plantios ocorrem apenas no período chuvoso, em especial com as culturas anuais, como milho e feijão, sendo as mais cultivadas entre as famílias. Destaca-se que as práticas agrícolas utilizadas são agroecológicas, onde nenhum agricultor faz uso de agrotóxicos, contribuindo com a diminuição do possível impacto que o uso destes produtos poderiam causar às abelhas, e por maior conscientização adotada pelas práticas do MST, que vem incentivando a agroecologia como ferramenta de trabalho no desenvolvimento dos assentamentos.

A baixa disponibilidade de água, que poderia permitir o cultivo ao longo do ano, evidencia a importância de atividades que gerem renda e produtos que considerem os fatores hídricos locais, sendo a apicultura desenvolvida com florada nativa e com apelo da preservação do bioma caatinga e insere-se nas propostas de convivência com semiárido, que implica na busca de alternativas tecnológicas que possibilitem valorizar potencialidades e vocações compatíveis com as reais condições naturais da região e com seu contexto social, ao invés de tentar transformá-la. Pesquisas tem evidenciado que a produção de mel tem contribuído para a geração de renda entre agricultores familiares, sua melhor distribuição ao longo do ano e relaciona aspectos sociais, econômicos e ambientais, contribuindo para a fixação da população no campo, com a adoção de práticas sustentáveis, gerando renda, trabalho e alimento às famílias (COSTA et al., 2016; NAVAS et al., 2015; BOTH et al., 2009; WOLFF et al., 2009).

O número de colmeias por família entre os integrantes do Arajuba varia de 4 a 25, com média de 15 unidades, o que influencia na renda mensal, que é heterogênea entre o grupo, com algumas famílias recebendo entre  $\frac{1}{2}$  a 1 salário mínimo, e outras com renda de 1,7 salários mensais, somando o recebimento de aposentadorias e bolsa família. A

variação observada entre os envolvidos no projeto está relacionada ao número de colmeias existentes, bem como ao nível tecnológico que se encontra cada família, com algumas tendo iniciado a atividade mais recentemente, porém os dados evidenciam o potencial de geração de renda aos agricultores por meio da produção apícola.

Fachini et al. (2010) analisaram a apicultura no Sudoeste Paulista e concluíram que alguns fatores contribuíram na caracterização da atividade, tornando-a importante para agricultura familiar, sendo a organização da atividade - relacionada às variáveis internas à propriedade, principalmente a logística utilizada; a experiência do produtor e como essa influencia o manejo da apicultura; a produtividade, através das floradas utilizadas e o número de colmeias que cada apicultor possui; e o associativismo, evidenciado nas relações de parceria entre os apicultores, com formação de grupos pequenos para colheita e extração do mel, bem como para o uso conjunto dos equipamentos de processamento. Por outro lado, Barbosa e Souza (2013) destacaram que as principais deficiências tecnológicas dos apicultores quanto aos equipamentos estava relacionada a baixa frequência de uso de peneira inox no processo de beneficiamento do mel (equipamento importante para filtrar as partículas oriundas do processo de desoperculação e centrifugação) e grande parte utilizava centrífuga manual, demandando mais esforço do produtor. Para os autores, essas diferenças tecnológicas observadas entre os apicultores são explicadas por fatores como escolaridade, quantidade de colmeias, crédito, atividade principal, anos de experiência e modalidade de manejo (fixo ou migratório). Já no projeto Arajuba, não há casa de mel até o momento e a extração é realizada em conjunto com uso de uma centrífuga dos apicultores, entretanto, está previsto a construção de um entreposto, à espera de aprovação pelos órgãos competentes.

Quanto a venda de mel, o projeto alvo do presente estudo, destaca-se como principal fonte de renda da maioria das famílias e é realizada coletivamente em feiras e/ou direto aos consumidores. A importância da apicultura para a renda dessas famílias se deve às limitações para a prática da agricultura na região devido as secas e a falta de acesso à água para irrigação, evidenciando o potencial da atividade, diferentemente de outras localidades em que a apicultura apresenta-se como complementar para a composição da renda. A importância do mel como principal produto da apicultura também foi relatada por Oliveira et al. (2010), sendo esse produzido por quase a totalidade de agricultores em Sergipe, provavelmente por ser um dos produtos de mais fácil obtenção, que exige pouca atenção, menor tempo do apicultor, menor nível de

capacitação e acessórios para a produção. Porém, uma das principais limitações que impactam na renda oriunda da apicultura da região Nordeste está justamente relacionada a essa forma precária como seus produtos são produzidos e comercializados, o que acaba por dificultar que o produtor receba o preço justo pelos produtos e muitas vezes a venda ocorre para atravessadores. Segundo Oliveira (2015) cerca de 60% dos apicultores comercializavam o mel de forma artesanal, diretamente para o consumidor no mercado local. Barbosa e Souza (2013) destacaram que o fracionamento manual do mel e o uso de recipientes não padronizados para comercialização ocasiona perda de qualidade e valor no mercado, como também de competitividade.

Outro fator limitante aos agricultores é com relação a disponibilidade de água e exige das famílias a combinação de diferentes estratégias para o abastecimento restrito desse recurso, tanto para consumo doméstico, quanto para criações, porém, mesmo com a construção das cisternas, 43% das famílias ainda necessitam, em algum momento, de carro pipa para fornecimento de água, principalmente pelo longo período de seca registrado nos últimos anos, não sendo suficientes para o armazenamento completo das cisternas. Essas tem a finalidade de abastecimento doméstico e são construídas com capacidade de armazenamento de 16 mil litros, quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas de uma família de cinco pessoas por períodos de estiagem de até seis meses. Do total de famílias entrevistadas, apenas 21% possuem a cisterna-calçadão, destinada ao armazenamento de água para cultivo e/ou criação animal, sendo uma tecnologia social com capacidade de estocar até 52 mil litros de água, ligada a um calçadão de 200 m<sup>2</sup> que serve como área de captação da água das chuvas. A tecnologia foi certificada em 2011 e desenvolvida pela Associação Programa Um Milhão de Cisternas para o Semiárido em parceria com o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), tendo como principal objetivo melhorar o acesso à água para produção de alimentos saudáveis e garantir a segurança alimentar e nutricional da população. Porém, o baixo percentual de famílias com essa tecnologia dificulta a produção, inclusive do mel, devido a morte de abelhas e perda das colmeias ocorridas pela falta de água, o que evidencia a falta de acesso a este tipo de política pública.

Destaca-se que as hortaliças e frutíferas cultivadas são observadas entre as famílias que possuem a cisterna calçadão, tendo extrema importância para manutenção das atividades produtivas e geração de renda, bem como contribui para a segurança alimentar, por meio da oferta de maior diversidade de itens cultivados.

As principais políticas públicas que contribuem para a renda familiar citadas pelas famílias foram Bolsa Família, com 79% dos entrevistados e 14% com acesso a aposentadoria.

Dentre as limitações existentes para o avanço da apicultura no sertão alagoano, destaca-se a falta de assistência técnica com relação a atividades de manejo e inovações tecnológicas, falta de acesso à crédito para impulsionar a produção, principalmente para inserção de novos agricultores e em especial os jovens, que não dispõem de recursos para compra de cera e outros materiais para a atividade. O Projeto Arajuba proporcionou qualificação técnica dos apicultores e forneceu os insumos iniciais para a produção, contudo é necessário que as famílias contem com serviços de assistência técnica e crédito para investirem e ampliem a atividade.

#### *Desafios e perspectivas*

A apicultura tem se mostrado como atividade capaz de proporcionar renda para agricultura familiar e a inserção dos jovens, contribuindo para sua permanência no meio rural, principalmente no semiárido, que limita a agricultura aos períodos chuvosos. Além disso, tem o potencial de contribuir com a conservação do bioma caatinga, um dos mais ameaçados pelas ações antrópicas.

O acesso pela população aos serviços básicos, como educação para adultos, saneamento, habitação rural e água atualmente são limitantes e determinantes para a permanência do público no meio rural, com ganhos na qualidade de vida.

As políticas públicas de transferência de renda são importantes ingressos financeiros às famílias e o acesso à crédito agrícola e assistência técnica poderiam proporcionar a ampliação da apicultura, a adoção de novas tecnologias, bem como a inserção de novos agricultores, consolidando a atividade na região e promovendo o desenvolvimento rural, aliado a conservação do bioma.

É necessária a instalação de uma casa de mel e entreposto permitindo a padronização dos produtos, bem como sua adequação às normas sanitárias, agregando valor e ampliando a comercialização.

A certificação orgânica, denominação de origem e de preservação da caatinga podem agregar valor aos produtos, bem como ampliar os nichos de mercado.

## ***A CRIAÇÃO DE PEQUENOS ANIMAIS E A SEGURANÇA ALIMENTAR EM TRAIPU***

A coleta de dados foi realizada no bairro rural Vila Santo Antônio com famílias rurais atendidas pelo Programa Brasil Sem Miséria, com a realização do projeto de fomento que busca garantir a segurança alimentar e nutricional e gerar renda às famílias e teve início no município em 2017, com 68 famílias. Para inserção no projeto os critérios adotados foram possuir renda igual ou abaixo de R\$ 154,00 per capita, possuir DAP (Declaração de aptidão ao Pronaf) e vocação para as atividades que seriam desenvolvidas. Desse total, 32 famílias se dedicaram a criação de ovinos (adquirindo inicialmente de 3 a 4 animais), 29 famílias se dedicaram a criação de aves (adquirindo entre 30 e 50 animais) e 7 famílias com a criação de suínos (com 2 a 3 animais).

No início do projeto houve o repasse do recurso financeiro à cada família no valor total de R\$ 2.400,00 – dividido em duas parcelas, sendo R\$ 1.400,00 para custeio da atividade e R\$ 1.000,00 para compra de animais. O projeto foi desenvolvido tendo como beneficiárias as mulheres e o recurso foi recebido no cartão do Bolsa Família. Esse fato demonstra que o projeto de fomento buscou inserir como público, um dos segmentos em situação de maior vulnerabilidade social, que de acordo com Zimmermann et al. (2014) tem sido pouco atingido pelas ações de combate à pobreza. A criação de pequenos animais foi a atividade escolhida, uma vez que as famílias possuem pouca área (em média de 0,6 hectares) e o acesso à água é limitado e a escolha se deu conjuntamente entre as famílias e a equipe técnica do Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas (EMATER), que realiza assistência técnica mensalmente com visitas a cada unidade.

A composição das famílias entrevistadas pode ser observada no gráfico 2, com destaque para crianças e adolescentes em idade escolar, fato confirmado pelos dados de alfabetização (gráfico 3). Todas as famílias possuem acesso ao Bolsa Família. Porém ressalta-se que entre os adultos há predomínio de baixa escolaridade, o que caracteriza historicamente a privação do acesso ao ensino.

Gráfico 2. Faixa etária e composição familiar dos beneficiários pelo BSM.

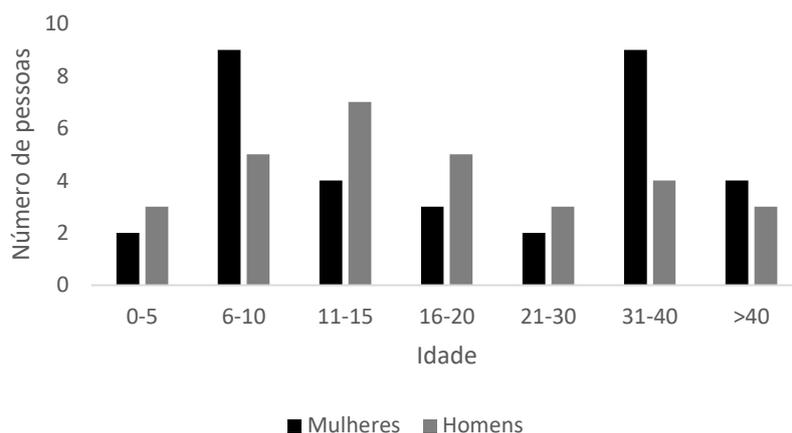


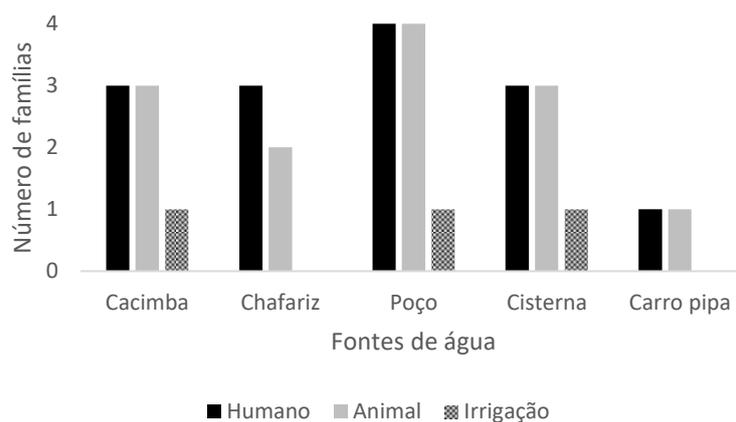
Gráfico 3. Escolaridade dos beneficiários pelo BSM.



A ocupação de todos os 31 entrevistados (homens e mulheres), em idade de trabalho, se dá com a agricultura, evidenciando a importância da atividade para manutenção e ocupação das famílias, além do vínculo com o meio rural.

Todas as casas são de alvenaria e possuem energia elétrica. Com relação ao destino do esgoto, 61% das residências tem fossa negra e 39% tem o esgoto despejado a céu aberto, não havendo também coleta de lixo pelo poder público, optando-se pela queima dos detritos por todas as famílias, o que caracteriza a falta de acesso a serviços básicos. Nesse aspecto, a falta de água apresenta-se como fator limitante, em especial para produção vegetal. O poder público construiu um chafariz no bairro, que contribui para o consumo doméstico, sendo integrado a outras formas de acesso ao recurso (gráfico 4), porém a iniciativa não garante o abastecimento para outros fins, em especial para produção.

Gráfico 4. Fontes de água pelos beneficiários do BSM na Vila Santo Antônio.



Os dados apresentados evidenciam a falta de acesso a serviços e recursos que poderiam contribuir para a redução das condições de vulnerabilidade das famílias, deixando de pensar somente no componente renda. Partindo da premissa que a pobreza não se caracteriza apenas pela falta dessa, há necessidade de promover acesso à terra, à água e infraestrutura como saneamento, além da diversificação dos mercados, que são elementos fundamentais e estratégicos no combate à pobreza (ZIMMERMANN et al., 2014; MALUF e MATTEI, 2011; VAITSMAN et al. 2009; UGÁ, 2004).

A produção das famílias é destinada para autoconsumo e concentra-se praticamente no período chuvoso, com cultivo de feijão e milho principalmente, havendo poucas propriedades com algumas frutíferas e hortaliças. A baixa diversidade é decorrente da falta de água para irrigação, limitando os cultivos e as variedades, além da restrição à terra. Ressalta-se que a comunidade encontra-se próxima ao Rio São Francisco, porém não possui acesso a água dessa fonte. Zimmermann et al. (2014) consideram que a privação do acesso à água é um elemento determinante para perpetuar a condição social de pobreza em que se encontra a grande maioria da população que reside nas pequenas cidades que compõem o meio rural.

Um dos pontos trabalhados no projeto em Traipu pela EMATER tratou sobre o armazenamento das sementes, o que vem sendo realizado por todas as famílias e busca promover maior autonomia, não ficando na dependência da compra ou entrega pelos órgãos públicos, pois muitas vezes é realizada com atrasos e conseqüentemente com prejuízos aos plantios.

Quanto a produção animal – objeto do projeto de fomento, a principal atividade foi a criação de aves (12), seguido de suínos (4) e ovelhas (1). Mesmo tendo como objetivo a venda do excedente, priorizando o abastecimento da família, a maior parte das que se dedicam a criação de galinhas não comercializam os produtos, visando

garantir fonte desses alimentos para seus membros, sendo uma fonte de renda não monetária, pois as famílias deixam de comprar esses itens.

Para alimentação dos animais, 43% dos entrevistados dependem da compra de ração e 57% compram ração em parte do ano. No sistema de criação adotado é recomendado o uso de ração, visando garantir alimentação balanceada, bem como foi previsto no projeto área para pastejo, porém nem todos possuem esses espaços formados até o momento.

Considerando que o principal critério para inclusão no projeto era a condicionante renda, todas as famílias são beneficiárias do Bolsa Família (13), com poucos atendidos pela seguridade social (2) e Benefício de Prestação Continuada com 1 família (que prevê a transferência de um salário mínimo para idosos e deficientes que possuem uma renda familiar per capita inferior a  $\frac{1}{4}$  do salário mínimo). O Bolsa Família foi a unificação dos programas de transferência de renda federais em um único e ocorreu em 2003 e viabilizou sua expansão nacional para alcançar todas as famílias abaixo da linha de pobreza estabelecida e com isso, significativa parcela da população mais pobre e vulnerável foi incorporada ao sistema de proteção e ao mercado de consumo popular. Helfand (2011) destaca que a política de aposentadoria rural e o Programa Bolsa Família foram as razões mais importantes para redução da pobreza rural no Brasil. No entanto, o autor observa que somente esses programas já não são suficientes para retirar da condição de pobreza aquele percentual significativo de produtores rurais que ainda se encontram nesta situação.

É importante pontuar o acesso ao Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) leite: o Programa do Leite é uma das modalidades do PAA direcionada aos estados do Nordeste e região Norte de Minas Gerais e é voltado para os segmentos populacionais vulneráveis, que têm direito a receber o produto gratuitamente e atende famílias com renda mensal de até meio salário mínimo por pessoa e que tenham como membro crianças de até seis anos, gestantes, lactantes e idosos (ALAGOAS, 2020). Porém, mesmo havendo público beneficiário para o enquadramento nesse Programa, apenas 1 família encontra-se inserida. Uma das razões, pode ser devido às reduções recentes de investimentos no Programa, tendo sido praticamente zerado no último ano, o que coloca as famílias em maior condição de vulnerabilidade social.

Ao considerarmos a renda per capita, mesmo com acesso às políticas públicas, verifica-se que 31% das famílias encontram-se em situação de pobreza (renda per capita entre R\$ 89,01 e R\$ 178,00) e 54% em situação de extrema pobreza (renda per capita de

até R\$ 89,00), com apenas 15% das famílias com renda per capita acima de R\$ 178,00. Esse resultado evidencia que além das privações de outros direitos, como acesso à água, terra e saneamento, essas famílias continuam com baixo acesso à renda, mantendo-se em situação de vulnerabilidade. Esses dados vão de encontro ao citado por Helfand (2011) no qual aponta que somente o acesso aos programas de transferência de renda não são suficientes para retirar as famílias rurais da condição de pobreza. Porém, ressalta-se que as ações do BSM na comunidade – com a criação de pequenos animais, tem proporcionado melhorias às famílias, principalmente na contribuição para alcançar a segurança alimentar. A criação dos animais, em especial galinhas, tem sido a principal fonte de proteína na dieta dessas famílias, principalmente com consumo de ovos. A produção para autoconsumo, que é própria e característica da agricultura familiar tem contribuído para garantir sua alimentação. Além da proteína animal, a produção de feijão e farinha de mandioca se destinam totalmente ao autoconsumo e sua ingestão é frequente.

Ao analisarmos o consumo de alimentos entre as famílias pesquisadas em Traipu, é notável que o consumo de alimentos básicos e principais na alimentação ou ao menos em parte, são provenientes da produção, mesmo com todas as limitações de acesso à terra e água. Assim, o consumo requer uma análise que considere para além do ato de comer, abordando os fatores limitantes que perduram até aos dias atuais, como acesso à terra, êxodo rural e políticas públicas.

Para as bebidas, sucos naturais e leite apresentaram baixo consumo entre os entrevistados, sendo que para esse último, apenas 38% das famílias indicaram consumo frequente. Esse dado reforça a necessidade e importância do PAA leite nessas condições. O Ministério da Saúde recomenda o consumo diário de três porções de leite e/ou derivados, sendo essa quantidade suficiente para atender 75% das necessidades diárias de cálcio (BRASIL, 2008). Muniz et al. (2013) apontam que para a ingestão de cálcio recomendada a partir dos 20 anos de idade, torna-se difícil atingir a recomendação sem o consumo suficiente de laticínios. Destaca-se que nessa faixa etária, encontra-se 40% da população pesquisada na Vila Santo Antônio.

De modo semelhante, o consumo de frutas e hortaliças foi relatado como frequente somente em 15% das famílias, o que é resultado da falta de acesso à água para os cultivos.

Com base na versão curta do EBIA, 92% das famílias indicaram situação de insegurança alimentar nos últimos meses. A insegurança alimentar se dá quando em um

lar há preocupação ou incerteza quanto ao acesso aos alimentos no futuro; quando se verifica a redução quantitativa de alimentos entre os membros da família; ou a fome - quando alguém fica o dia inteiro sem comer por falta de dinheiro ou acesso a comida; e a segurança alimentar se aplica a domicílios que têm acesso regular e permanente a alimentos de qualidade em quantidade suficiente. Verificou-se que, além da preocupação com a falta de alimento no futuro entre 92% dos entrevistados, em 30% das famílias algum adulto da casa diminuiu alguma vez a quantidade de alimento nas refeições ou deixou de fazer uma das refeições porque não havia dinheiro suficiente para comprar comida, e 46% das famílias responderam que nos últimos meses alguma vez comeu menos do que achou que devia porque não havia dinheiro suficiente para comprar comida. Sabe-se que a insegurança alimentar atingiu 35,3% dos domicílios rurais em 2013 no Brasil, sendo que no nordeste esse percentual foi de 50,1% (BRASIL, 2015). Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do ano de 2013, a insegurança alimentar no meio urbano no Brasil foi de 7,9%, sendo maior nas regiões Norte/Nordeste, com 15%, evidenciando mais uma vez que a pobreza é maior nas áreas rurais que nos centros urbanos e a região Nordeste apresentou maior vulnerabilidade alimentar e nutricional quando comparada a outras regiões do país (SANTOS et al., 2018). Esses resultados são reflexo principalmente da falta de acesso à água como garantia da produção ao longo do ano. Atualmente os plantios ocorrem apenas na estação chuvosa, o que muitas vezes não garante a produção necessária para o abastecimento da família ao longo do ano, associado a disponibilidade do fator terra.

### *Desafios e perspectivas*

As ações do programa BSM na Vila Santo Antônio tem contribuído para garantia de alimentação às famílias, principalmente para fonte de proteína. A produção animal, objeto do projeto de fomento, é priorizada pelas famílias para o autoconsumo, como forma de garantir a manutenção da família. Devido ao tamanho das áreas e falta de acesso à água, a produção vegetal ocorre apenas na estação chuvosa, o que não garante a produção de itens básicos (como feijão e farinha) suficientes para o ano.

A renda obtida por meio de programas de transferência, como Bolsa Família tem sido o principal ingresso de recursos para as famílias e a forma de compra dos alimentos não produzidos localmente.

O projeto de fomento do BSM, mesmo contribuindo e sendo de extrema importância para a manutenção do grupo pesquisado, ainda não conseguiu reverter a

situação de pobreza e extrema pobreza encontrada, devendo atuar de modo abrangente, permitindo acesso a outros recursos necessários à manutenção e reprodução das famílias.

O acesso a serviços básicos, como saneamento, coleta de lixo e água tem sido fatores limitantes ao desenvolvimento, em especial, a água, que poderia aumentar a produção de itens para consumo das famílias, contribuindo para a segurança alimentar e diversidade de itens na dieta, além da ampliação do PAA leite para as demais famílias, sendo que a construção de cisternas calçadão pode contribuir para reverter o quadro observado.

### ***A PRODUÇÃO AGROECOLÓGICA E ACESSO ÀS POLÍTICAS DE COMPRAS GOVERNAMENTAIS - A EXPERIÊNCIA DE IGREJA NOVA***

Em Igreja Nova, 113 moradores e agricultores são associados da ASMOCAN (Associação dos Moradores e Pequenos Produtores do Povoado Cajueiro Novo), produzindo frutas, verduras e hortaliças em sistema agroecológico, além da criação de gado leiteiro.

A comunidade se insere na área do projeto de irrigação Boacica, que foi realizado no período de 1981-84 e contou com recursos do BIRD, havendo também a construção de diques, a fim de proteger a área contra as cheias dos rios São Francisco, Boacica e Taquara. Os produtores residem em povoados situados na periferia do projeto e dispõem de um centro administrativo, escola e posto saúde. Esse projeto foi caracterizado como de interesse social, pois a construção da barragem de Sobradinho interferiu nos meios de sobrevivência da população ribeirinha da região, obrigando o poder público a buscar alternativas para mitigar os efeitos provocados. Na área do projeto Boacica predomina o cultivo da cana-de-açúcar, a rizicultura e a banana (CODEVASF, 2020).

A comunidade Cajueiro está inserida em área com predomínio de policultura, com importância econômica para a fruticultura irrigada.

A existência da agricultura e pecuária entre as famílias permite o aproveitamento do esterco para a adubação dos cultivos vegetais. De acordo com Paulus et al. (2000) os adubos orgânicos, como os resíduos de origem animal, podem ser usados na forma líquida ou sólida e contém nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes e além de fertilizarem o solo, são ativadores da microvida, melhoram a estrutura, aeração, aumentam a matéria orgânica e a infiltração da água das chuvas.

Para irrigação dos cultivos, até alguns anos atrás a água utilizada era proveniente do rio Boacica, porém segundo os agricultores, os níveis de nitrato estão altos, prejudicando seu uso para irrigação das culturas existentes. Esses altos índices podem ter como causa o uso intensivo de fertilizantes químicos, considerando que anteriormente a agricultura praticada nessas áreas era baseada em tecnologias intensivas. Segundo Resende (2002) o nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água por atividades agropecuárias e esse fato ocorre pelo ânion nitrato ser fracamente retido nas cargas positivas dos colóides e permanece mais em solução. De acordo com o autor, na solução do solo, o nitrato fica muito propenso ao processo de lixiviação, levando ao seu aumento nas águas profundas. Atualmente, as famílias recebem assistência técnica da EMATER, e passaram a utilizar as águas do rio São Francisco para irrigação, o que tem permitido os cultivos e sua comercialização, gerando renda para as famílias.

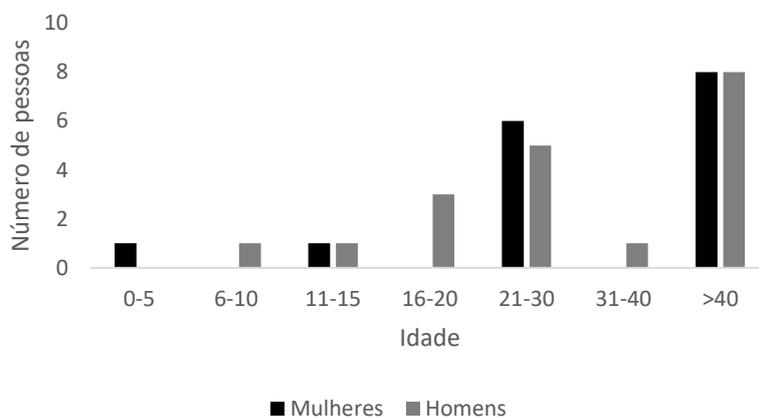
Dentre o grupo também há casos de agricultores que se dedicam ao cultivo de cana-de-açúcar. Esses casos se devem a contratos com usinas sucroalcooleiras, que levaram ao incentivo para adoção dessa cultura. Porém com a crise do setor, os pagamentos tem ocorrido com atrasos e alguns agricultores ainda estão aguardando o pagamento da última safra, o que tem causado prejuízos financeiros e sociais, pois são pequenos agricultores que dependem dos ganhos da terra para sua manutenção. Além desses problemas, o sistema de cultivo adotado para essa cultura é baseado no pacote tecnológico da Revolução Verde, altamente dependente da utilização de adubos solúveis e agroquímicos.

A pesca ainda é presente dentro do povoado, principalmente com a finalidade de autoconsumo, havendo casos de associados que se dedicam a agricultura e a pesca. Esse dado evidencia o papel da agricultura familiar, que busca integrar diferentes atividades agrícolas e não agrícolas na manutenção do seu modo de vida. Segundo os relatos desses moradores, nas últimas duas décadas, a quantidade dos pescados diminuiu consideravelmente, bem como há mudanças nas espécies encontradas no rio.

Outro fator relatado entre os agricultores foi a redução da vegetação nativa nas margens do rio São Francisco, que deram lugar ao cultivo de cana-de-açúcar durante o auge do ciclo econômico dessa cultura e à introdução de pastagens para criação animal, o que tem contribuído para o cenário ambiental da região.

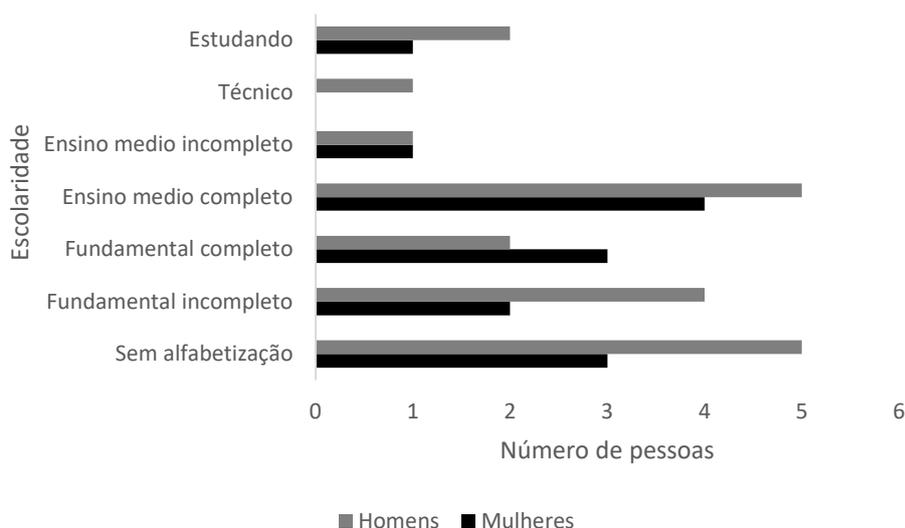
Dentre as 12 famílias entrevistadas percebe-se maior presença de jovens que em outras comunidades, porém ainda há predomínio de membros acima de 40 anos de idade, como verificado no gráfico 5.

Gráfico 5. Faixa etária das famílias entrevistadas em Cajueiro.



A escolaridade pode ser observada no gráfico 6. Nota-se também, como em outras localidades, baixos índices de alfabetização, com 23% sem alfabetização e 17% com fundamental incompleto. Predomina entre os homens os maiores índices de analfabetismo, da mesma forma que em outras localidades estudadas.

Gráfico 6. Escolaridade das famílias entrevistadas em Cajueiro.

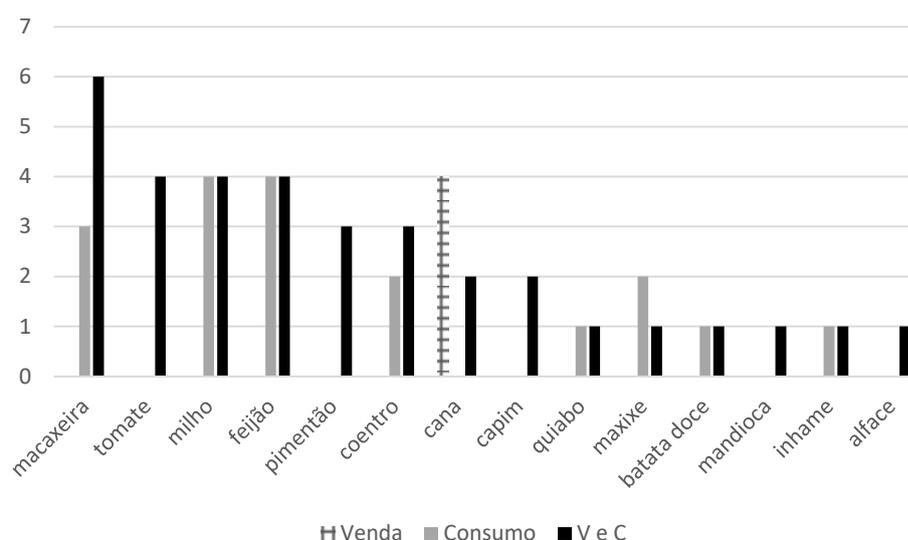


A ocupação dos moradores se dá principalmente com a agricultura, entre homens e mulheres. As casas são todas de alvenaria, com acesso à energia, porém não há

sistema de esgotamento, com fossa negra em todas as residências. Há coleta de lixo no bairro, porém 14% dos moradores ainda praticam a queima dos resíduos.

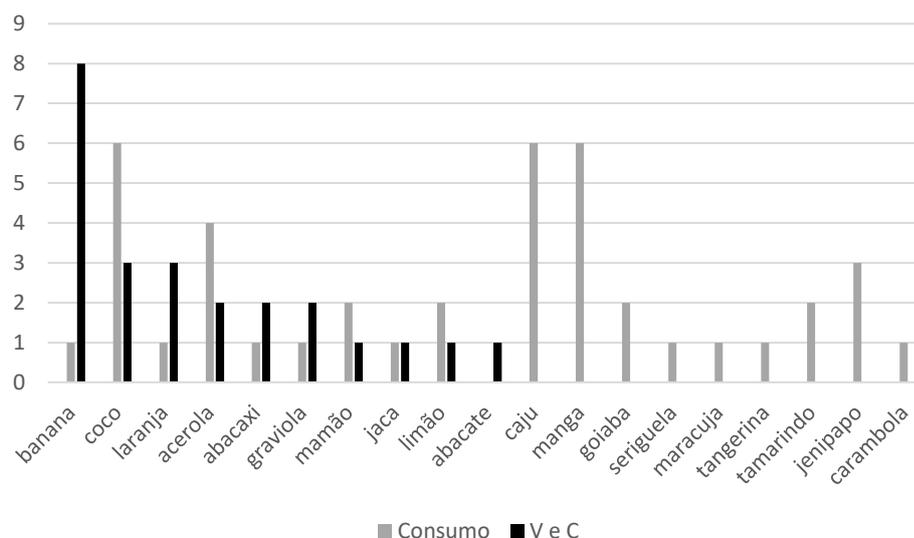
Com relação a agricultura, como característica da área, observa-se alta diversidade (gráfico 7), com maior importância econômica para a macaxeira, seguida de tomate, milho e feijão, além da cana-de-açúcar. É importante destacar que a produção para autoconsumo é muito presente, sendo uma fonte de renda não monetária, pois além de reduzir o valor gasto com a compra de alimentos, proporciona maior diversidade de alimentos na dieta dessas famílias. De acordo com Tonezer et al. (2019) na agricultura familiar é observado grande diversidade de alimentos produzidos para autoconsumo, havendo múltiplas funções à essa produção, com destaque ao acesso a um alimento mais saudável e a economia na compra de itens para consumo.

Gráfico 7. Culturas anuais presentes nas áreas das famílias de Cajueiro.



Dentre as frutíferas (gráfico 8), a banana tem maior importância econômica e assim como para as culturas anuais, outras espécies são manejadas visando o abastecimento interno.

Gráfico 8. Frutíferas presentes nas áreas das famílias de Cajueiro.



Com relação as sementes, 45% das famílias dependem exclusivamente da compra e as demais combinam estratégias de armazenamento e aquisição de determinadas variedades, reforçando a busca de autonomia das famílias.

A criação animal ocorre principalmente para o consumo, com 42% possuindo criação de galinhas, que fornecem ovos e carne. Dos entrevistados, 80% combinam a produção e a compra de parte dos alimentos para a criação desses animais e 20% dependem exclusivamente da compra de ração.

A água para todos os usos das famílias – residência, irrigação e criação animal, vem diretamente dos canais de abastecimento do rio São Francisco.

As políticas públicas presentes são aposentadoria, com 6 famílias tendo acesso e 4 recebem Bolsa Família. Com relação a renda per capita, 16,5% das famílias apresentaram renda mensal de R\$ 100,00 per capita, o que é considerado dentro da linha de pobreza pelo MDS; 42% das famílias tem renda per capita entre R\$ 240,00 e R\$ 500,00; 16,5% possuem renda entre ½ e 1 salário mínimo e 25% a renda per capita está entre 1 e 2 salários. A renda está relacionada ao número de atendidos pelo programa de seguridade social, mas também é fruto do acesso aos programas governamentais de compra da agricultura familiar, como PNAE e PAA. Entre o grupo de Cajueiro, 30 agricultores comercializam para o PNAE há 5 anos e 6 agricultores comercializam para o PAA há 2 anos. Dentre os entrevistados, 50% acessam esses programas de compra, o que proporciona melhores remunerações, visto que essas políticas pagam os preços praticados no mercado diretamente aos agricultores e foi relatada como uma conquista e orgulho para o grupo, pois permite a oferta de alimentos saudáveis, cultivados com manejo agroecológico, para a alimentação das crianças nas escolas. Esses Programas

tem sido relatados em diversas pesquisas como benéficos à agricultura familiar, promovendo o desenvolvimento e melhoria da renda para as famílias (CAMARGO e NAVAS, 2017; SAMBUICHI et al., 2014; RIBEIRO et al., 2013; TURPIM, 2009). A venda dos produtos ocorre também nas feiras do município e no próprio bairro e para usinas entre aqueles que cultivam cana-de-açúcar (3).

Com relação ao consumo de alimentos pelas famílias, observa-se que predominam alimentos da cultura local, como cuscuz, farinha de mandioca e macaxeira, além do arroz e feijão, sendo esse último na maioria dos casos cultivados pelas famílias, evidenciando a importância da produção para autoconsumo.

Sobre o consumo de proteína de origem animal, destaca-se a alta frequência de peixes, aproveitando a proximidade com o rio São Francisco e a importância da pesca para a alimentação; e ovos e frango, também produzidos pelas famílias. Mesmo essas produções sendo pequenas, apresentam-se como fonte de renda não monetária, pois as famílias deixam de comprar esses itens, ficando com os recursos para aquisição de outros bens necessários, além de promover a autonomia alimentar.

Entre as famílias entrevistadas, o consumo de itens industrializados é baixo, o que pode ser explicado pela presença das práticas e saberes agroecológicos, que dentre seus princípios, busca alimentação mais saudável, com máxima redução de itens externos às propriedades e alimentos altamente processados/industrializados. A agroecologia e a integração da criação animal e vegetal tem impactos na maior oferta e diversidade de itens frescos e não processados para consumo das famílias, tendo frutas e hortaliças valores expressivos de consumo, principalmente pela produção local, que além de atenderem as demandas de mercado, principalmente PNAE e PAA, tem a função de abastecer a família. Quando observamos a diversidade de itens vegetais cultivados, como frutas e hortaliças tem-se aproximadamente 30 variedades alimentícias, o que tem proporcionado diversidade e contribuído para segurança alimentar, dado esse corroborado também pelo alto consumo de sucos naturais, diferentemente de sucos industrializados e refrigerantes.

Sobre a situação de segurança alimentar, 67% das famílias apresentam segurança alimentar e 33,00% insegurança alimentar, sendo que desses, 16,6% responderam que diminuiriam alguma vez a quantidade de alimento consumido e 25% informaram que algum membro comeu menos do que achou que devia pela falta de alimento ou dinheiro para compra de comida. Os dados levantados são semelhantes aos observados pela PNAD, que indicou insegurança alimentar em 35,3% dos domicílios rurais no Brasil e

estão abaixo da média da região nordeste, que apresentou 50,1% de insegurança alimentar nos domicílios rurais (BRASIL, 2015).

Esse dado reforça a importância de estratégias de comercialização da produção, agregando e garantindo renda as famílias, por meio do acesso aos programas de compra institucional, bem como da produção para autoconsumo, integrando culturas anuais e frutíferas e a criação animal.

### *Desafios e perspectivas*

Considerando que as famílias tem acesso às políticas de compras governamentais, é importante para o desenvolvimento da comunidade a manutenção e ampliação dos agricultores com acesso a essa política pública, visando garantia de renda e oferta de alimentos agroecológicos.

O aproveitamento integral dos alimentos e da produção pode contribuir para reverter os dados de insegurança alimentar, bem como ampliar os itens comercializados com produtos processados artesanalmente. Nesse sentido, é necessário a realização de capacitação da comunidade para o desenvolvimento de produtos processados a partir dos itens cultivados, bem como criar instalação para permitir o processamento de alimentos e atender a legislação.

Considerando que as famílias não usam agrotóxicos, a certificação orgânica dos produtos pode contribuir para agregar valor à produção, bem como ampliar os locais de venda.

## ***A TRADIÇÃO DO CULTIVO DE ARROZ NO BAIXO SÃO FRANCISCO PELA AGRICULTURA FAMILIAR DE PORTO REAL DO COLÉGIO***

A construção do Projeto Público de Irrigação Itiúba ocorreu no período de 1974-76, e contou com recursos do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) e nesse último ano iniciou-se a ocupação e operação do projeto com área de 894 ha, totalmente ocupado por 227 lotes de pequenos irrigantes. Originalmente nesse local, a rizicultura já era praticada de acordo com as oscilações de nível do rio São Francisco. Com as obras de regularização e geração de energia da Usina de Sobradinho, o regime de níveis foi modificado, o que acarretou a inundação quase que permanente da totalidade da área cultivada. A Codevasf, ao implantar o projeto permitiu safras anuais de arroz irrigado por inundação. A fim de proteger a área contra as cheias dos rios São Francisco e Itiúba também foram construídos diques e uma

barragem na foz do rio Itiúba, dotada de comportas de escoamento. Atualmente Itiúba possui 900,33 ha irrigáveis ocupados (CODEVASF, 2020).

Esse projeto foi caracterizado como de interesse social devido aos impactos causados pela construção da barragem de Sobradinho, que modificou os meios de sobrevivência da população ribeirinha do Baixo São Francisco, obrigando o poder público a buscar alternativas para mitigar os efeitos provocados.

De acordo com a Codevasf (2020) há predominância da exploração da rizicultura que representa 96% do valor bruto de produção, seguida da produção de cana-de-açúcar. Ocupada exclusivamente por lotes familiares, a área cultivada com essas culturas, em 2019, correspondeu a 97% e 3%, respectivamente. O sistema de irrigação é o de superfície em toda a área.

A composição do grupo analisado pode ser observada no gráfico 9. Observa-se que a faixa etária predominante é acima de 40 anos, principalmente entre os homens. Durante as entrevistas foi relatado pelos moradores que os jovens migravam para os grandes centros, em busca de estudo ou qualidade de vida diferente das condições encontradas no meio rural por suas famílias.

Com relação a alfabetização, é evidente os baixos índices encontrados, com cerca de 40% dos entrevistados sem alfabetização ou com ensino fundamental incompleto. Entre o grupo que está estudando, esse faz parte de crianças e jovens em idade escolar, como verificado no gráfico 10.

Gráfico 9. Faixa etária dos entrevistados em Itiúba.

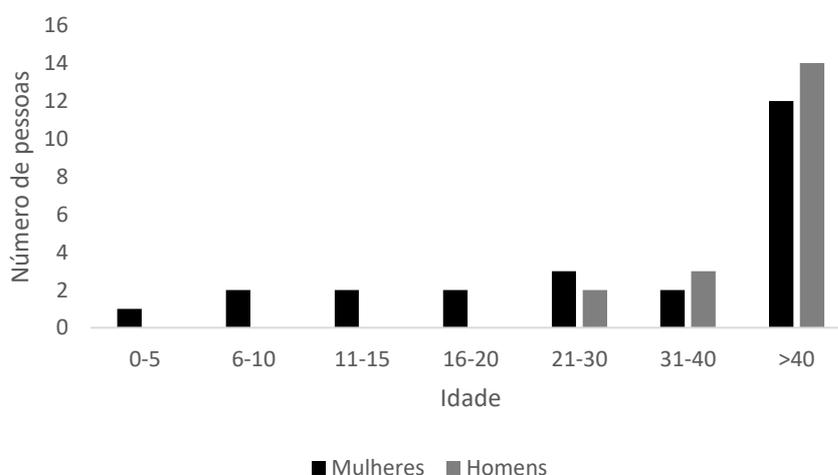
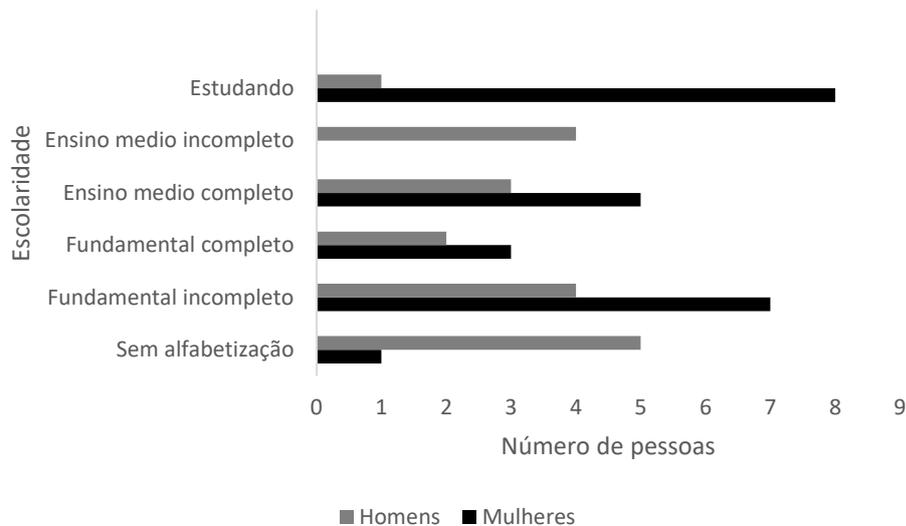


Gráfico 10. Escolaridade dos entrevistados em Itiúba.



Com relação a ocupação dos moradores, a agricultura apresenta-se como a principal atividade, entre homens e mulheres.

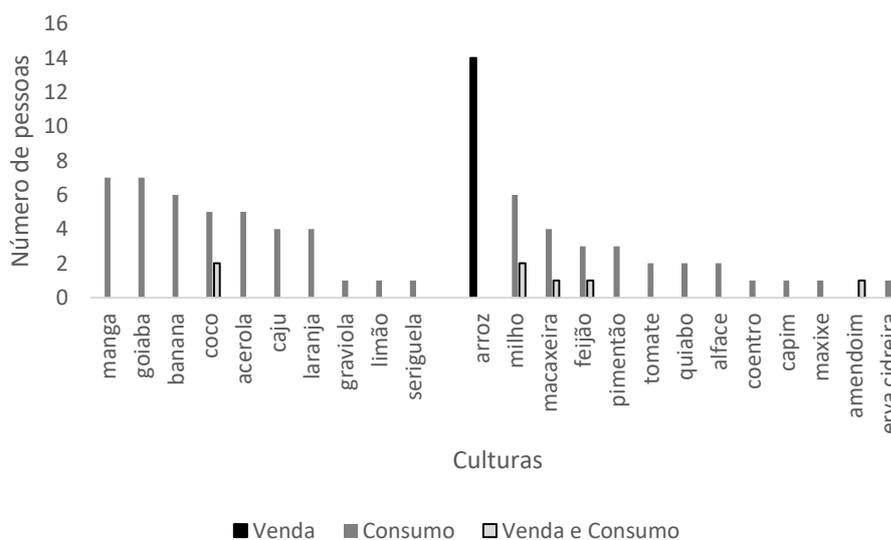
Todas as casas são de alvenaria e possuem energia elétrica, porém não há sistema de esgoto, sendo que 93% das casas possuem fossa negra e 7% despejam diretamente no ambiente. A queima dos resíduos sólidos é realizada por 36% das famílias e 64% possuem coleta pela rede pública.

No gráfico 11 observa-se que o cultivo de arroz é a principal fonte de renda das famílias, sendo a cultura mais produzida e comercializada. Os demais cultivos tem a finalidade de autoconsumo e a venda de algum excedente, o que é praticado por poucas famílias e a rizicultura utiliza os canais de irrigação com águas do rio São Francisco. Com colheitas de 4 em 4 meses, a produção intensiva, exige grande quantidade de insumos, tanto para recompor nutrientes do solo, quanto para combater pragas e plantas indesejadas.

O uso de agrotóxicos é frequente, pois há necessidade de uso de fungicidas, inseticidas, raticidas e herbicidas, além dos fertilizantes químicos, com destaque para ureia, fertilizante nitrogenado altamente solúvel. Segundo Mendes et al. (2010) esses insumos podem ser fonte de contaminação para o solo, pois podem conter metais pesados, considerando as sucessivas aplicações que são realizadas e esse acúmulo pode provocar problemas na qualidade das águas. Como alternativa, o uso de adubos orgânicos pode reduzir esses impactos e de acordo com Guimarães e Prabhu (2002) a matéria orgânica presente nesses adubos exerce influência muito grande sobre as propriedades físicas e químicas do solo e fornece os componentes necessários ao crescimento dos microrganismos, sendo um componente dinâmico e reativo do solo e

um depósito dos principais nutrientes; portanto sua quantidade e qualidade refletem e controlam o estado nutricional e a produtividade das culturas, como a estabilidade dos sistemas de produção. Para os autores, o aumento da matéria orgânica no solo pode ocorrer tanto pela aplicação de compostos orgânicos, como pelo manejo adequado de sistemas de produção e possui efeito na resistência às doenças, principalmente devido aos teores de silício e potássio existentes nessas fontes. De acordo com Fernandes et al. (2013) o uso de adubo orgânico promoveu maior produtividade, havendo aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), nos níveis de cálcio (Ca), fósforo (P), boro (B), potássio (K), zinco (Zn) e manganês (Mn). Além disso, o uso de adubos minerais em maiores doses promoveu a redução dos valores de pH, saturação de bases (V%), Ca e Mg e os autores destacam que a fonte orgânica pode reduzir significativamente as adubações minerais com nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre.

Gráfico 11. Itens produzidos pelas famílias e finalidade.



Como o sistema de cultivo se dá por inundações, um fator preocupante pode ser os resíduos desses agrotóxicos, muitas vezes aplicados em mistura (de nível de toxicidade e risco ambiental alto) e podem ter resíduos devolvidos aos canais de irrigação e conseqüentemente ao rio São Francisco. Além do dano ambiental, a baixa fiscalização e pouca assistência técnica na região, contribuem para o uso descontrolado desses produtos. Em um sistema de cultivo intensivo, o uso dos tratamentos convencionais provoca uma perturbação na fisiologia das plantas, trazendo em conseqüência, desequilíbrio, transformando em parasitas, seres, que, antes, mantinham um convívio harmônico com as plantas, as chamadas, doenças iatrogênicas (CHABOUSSOU, 2006).

Além desse ciclo “vicioso” do uso excessivo de insumos com riscos de contaminação ao solo e ao ambiente, há também o risco de contaminação dos agricultores, pois normalmente não fazem uso dos equipamentos de proteção necessários à aplicação de agroquímicos. Segundo a CONAB (2016) a participação média de sementes, fertilizantes e agrotóxicos representa entre 26% e 33% dos custos com a produção de arroz.

Um dos maiores problemas com pragas que esses agricultores tem enfrentado, provavelmente pelo desequilíbrio do uso de insumos químicos e o predomínio da monocultura, agravados pelo alta nível de desflorestamento das margens dos cursos d’água da região, são ratos e pássaros (citados como os principais no ano de 2018), que provavelmente por não encontrarem na região outras fontes de alimentos e abrigo, utilizam as plantações de arroz como moradia e fonte de alimento, causando prejuízos aos agricultores. Esse fato pode também ser agravado pela redução dos inimigos naturais desses dois organismos, aumentando sua população. Outro problema relatado foi o aparecimento do arroz-preto, uma gramínea com morfologia parecida com o arroz produzido comercialmente e considerado uma invasora e que reduz a qualidade do produto final. Todos esses problemas são minimizados com o uso dos agrotóxicos.

Com relação as sementes, diferentes estratégias são utilizadas, predominando sua compra e consecutivos plantios e armazenamento das mesmas para novo ciclo (por 2 a 3 anos), sendo posteriormente realizada nova compra, visando garantir a genética da semente. Essa prática é utilizada para a cultura do arroz e pode contribuir em economia com sua aquisição.

A criação animal também é presente na comunidade, principalmente para consumo, em especial galinhas, com poucos agricultores comercializando e nesses casos, há predomínio da venda de gado e peixe, aproveitando o recursos hídrico local, havendo também criação de suínos para consumo. A alimentação dos animais depende exclusivamente da compra para 36% das famílias, enquanto 46% combinam estratégias de compra parcial dos alimentos, e 18% tem produção própria dos alimentos para as criações.

A água para irrigação e criação animal para todos os entrevistados tem origem direta do Rio São Francisco por meio dos sistemas da Codevasf. Para consumo doméstico, 86% das famílias utilizam essa mesma fonte e 14% utilizam água do sistema público, pois residem na cidade de Porto Real do Colégio.

O principal acesso a políticas públicas é com recebimento de aposentadorias (10 indivíduos) e Bolsa Família (3 famílias), o que contribui na renda mensal. Com relação a esses rendimentos, 15% recebem entre ½ e 1 salário mínimo, 23% entre 1 e 2 salários, 54% entre 2 e 3 salários e 8% acima de 3 salários. Esse dado se deve principalmente à venda do arroz, sendo essa a principal fonte de renda dos agricultores.

### *Desafios e perspectivas*

A produção de arroz historicamente realizada no Baixo São Francisco é a principal fonte de renda para as famílias. Estratégias de manejo podem contribuir para a redução dos impactos e custos de produção, como uso de fontes orgânicas para fertilização, já comprovado em pesquisas com arroz.

Também deve ser trabalhado junto aos agricultores a implantação do Manejo Integrado de Pragas (MIP), sendo um conjunto de medidas que dá suporte para a tomada de decisão sobre o controle e pode ser entendido como o uso de várias técnicas para redução das pragas nos plantios. Essa modalidade de manejo busca preservar e aumentar os fatores de mortalidade natural, mantendo a população das pragas em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico e deve ser feito de forma preventiva, utilizando várias práticas que possibilitam a prevenção de maneira sustentável na cultura, com técnicas que incluem tratamentos culturais, controle biológico e produtos químicos. Quanto ao uso desse último, há necessidade de realizar a alternância de ingredientes ativos e os modos de ação, evitando ou retardando que as pragas desenvolvam resistência, além do uso de produtos seletivos, que tenham pouco efeito sobre inimigos naturais e polinizadores. Destaca-se também a necessidade de uso de EPIs pelos trabalhadores, bem como a realização da tríplice lavagem, a devolução das embalagens e a utilização correta do pulverizador, garantindo a deposição do produto na dosagem adequada e no alvo desejado.

Recomenda-se a criação de uma área piloto para início do MIP com arroz na região e realização de capacitações com os agricultores.

## ***O EXTRATIVISMO COMO FONTE DE RENDA E MANEJO SUSTENTÁVEL NA FOZ DO SÃO FRANCISCO<sup>16</sup>***

---

<sup>16</sup> Os dados socioeconômicos e produtivos apresentados compõem o trabalho “Extrativismo vegetal na foz do rio São Francisco: riqueza ambiental e comunidades vulneráveis” dos autores FERREIRA, Rita

O município de Piaçabuçu tem sua economia em torno do turismo, atividades pesqueiras e serviços. A agricultura que historicamente era baseada no cultivo de arroz por inundação foi reduzida a pequenas produções, devido ao aumento da cunha salina provocada pela redução drástica da vazão do rio São Francisco e atualmente essa atividade tem baixa representatividade na geração de divisas, porém tem importância econômica secundária para a economia familiar, em especial na produção de autoconsumo, contribuindo para a segurança alimentar.

O município possui duas Áreas de Proteção Ambiental (APA), sendo uma federal, a “APA de Piaçabuçu” e outra estadual, a “APA Marituba do Peixe”, com rica biodiversidade, onde o extrativismo vegetal de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) acontece pela grande variedade de espécies de plantas nativas comestíveis de valor econômico, ambiental e cultural. Apesar dessa riqueza, o IDH do município é baixo, de 0,572.

O extrativismo pode ser entendido como a exploração dos produtos nativos em ecossistemas diversos e voltados para diferentes mercados, no conjunto de atividades desenvolvidas pelas populações tradicionais (MOTA e SANTOS, 2008). Segundo Ramos et al. (2017) a partir dos anos 2000, o debate sobre o extrativismo no Brasil incorporou outras dimensões, indo além dos estudos sobre a sustentabilidade ecológica, dando maior importância aos extrativistas e destacando a importância econômica, ambiental, social e cultural da atividade. Para Lima (2010) o extrativismo praticado de forma sustentável é importante, pois pode gerar renda e ao mesmo tempo contribuir para a conservação ambiental e a riqueza cultural dos povos.

#### *A Associação Aroeira e o extrativismo na região*

A associação Aroeira surgiu a partir da demanda em capacitar os extrativistas da foz do rio São Francisco no beneficiamento da pimenta rosa. A associação foi criada a partir do Projeto Aroeira, desenvolvido pelo Instituto Ecoengenho, que em 2010 elaborou e foi contemplado com um projeto financiado pela Petrobrás – Programa Desenvolvimento e Cidadania. Com o projeto aprovado, os extrativistas foram procurados e discutido os processos a serem realizados, sendo que os mesmos conheciam a pimenta rosa apenas com o nome “aroeira” e a comercialização era realizada para atravessadores.

---

Paula dos Santos; NAVAS, Rafael; SILVA, Rafael Ricardo Vasconcelos, apresentado no XI Congresso Brasileiro de Agroecologia (2019).

As primeiras reuniões sobre o projeto ocorreram em 2011 e seguiu-se com a fundação da Associação Aroeira. Entre 2011 e 2014, a associação foi incubada pelo projeto financiado pela Petrobrás e a partir de 2015 vem sendo mantida e administrada pelos próprios associados, tendo um total de 85 (oitenta e cinco) membros, sendo 30 (trinta) associados que trabalham exclusivamente com a pimenta rosa. Além desse produto, que é o carro chefe da Associação, há extrativismo de outras frutas nativas, como ingá, cambuí, massaranduba, gajiru, araçá, jenipapo, cajá e outros, demonstrando a rica biodiversidade existente. Segundo Ramos et al. (2017) as experiências com os produtos da sociobiodiversidade no Brasil vêm demonstrando capacidade de enfrentamento de questões como inclusão socioproductiva de agricultores familiares, extrativistas, povos e comunidades tradicionais que manejam e conservam a biodiversidade nativa, resultando em desenvolvimento rural, conservação e recuperação ambiental.

Além do extrativismo, há também a prática da agricultura entre as famílias, algumas comercializando para o PNAE, principalmente com tomate, pimentão e alface, evidenciando a diversidade de produtos da agricultura familiar local.

De acordo com a presidente da Associação *“a partir do trabalho da associação houve impacto na vida das mulheres de forma positiva, pois as primeiras a se capacitarem, foram tomando consciência do lugar dela na sociedade, dentro do município, o que acabou incentivando outras mulheres a se juntarem à associação e que culmina no desenvolvimento da comunidade”*. E completa: *“As mulheres hoje, muitas delas, a maioria delas dentro do nosso município, são mulheres que comandam as suas próprias casas, porém há casos em que quem manda é o marido, mas está havendo uma mudança de comportamento, pois se ela se sustenta, é auto suficiente, então elas tentam mostrar aos seus companheiros que são parceiras deles, e que o mesmo valor que os homens tem, elas tem também, é o empoderamento da mulher”*.

Sobre esse tema, Mendes et al. (2014) em trabalho no estado de Mato Grosso apontam que os recursos financeiros obtidos pelas mulheres com o extrativismo são expressivos e contribuem para a sobrevivência do grupo familiar, bem como para o reconhecimento de seu trabalho junto às famílias.

Uma das preocupações da Associação Aroeira é com a questão ambiental, que vem sendo trabalhada com todos os associados, para que haja sempre recursos disponíveis, reduzindo os danos ao meio ambiente e buscando sua preservação.

As maiores dificuldades citadas para a atividade se dão com a falta de transporte adequado para o traslado de pessoas e frutas, pois conforme citado “*não é fácil para o extrativista ir na mata andando e trazer duas, três sacas de jenipapo ou de outra fruta*”. Outra dificuldade são os grandes proprietários de terras que não permitem o acesso às áreas de mata e houve um caso em que o proprietário viu as extrativistas colhendo a pimenta rosa e após realizou a derrubada e queima de todas as plantas dessa espécie para que a atividade não fosse realizada em sua área. Lima (2010) apontou que as principais dificuldades com o extrativismo da mangaba em Sergipe também estavam relacionadas a falta de transporte, principalmente pela fragilidade dos frutos, que se danificavam facilmente, bem como com as condições ruins das estradas de acesso as áreas de coleta, sendo os frutos carregados nas costas dos extrativistas. Além disso, a autora também pontuou a situação de devastação da espécie, bem como a dificuldade de acesso às mangabeiras que restam, por estarem situadas em terras de terceiros, que estão sendo utilizadas cada vez mais para a agricultura intensiva, desenvolvimento de turismo e construção de viveiros de camarão, levando ao corte das plantas.

#### *As extrativistas*

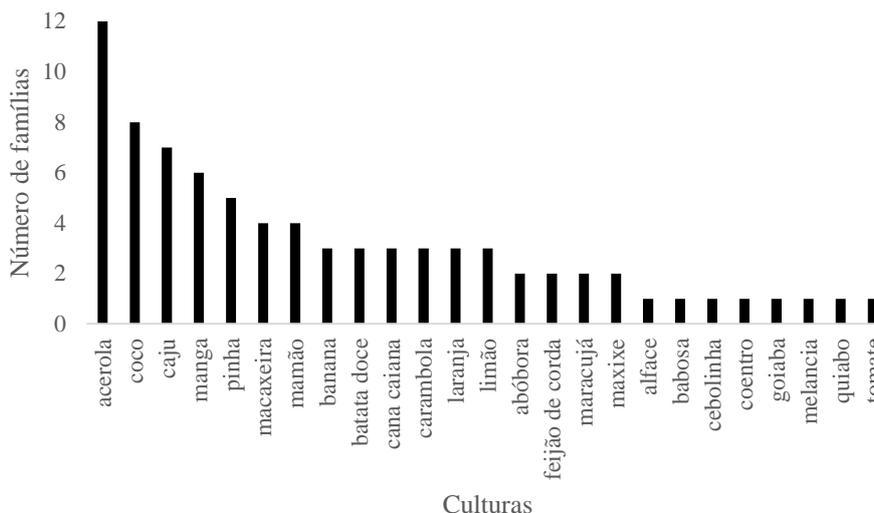
Dentre os adultos das 25 famílias agroextrativistas entrevistadas, 44% não são alfabetizados, 40% apenas assinam o nome e 16% possuem nível médio incompleto e/ou completo. Segundo a SEPLAG (2018), as taxas de abandono escolar nos últimos anos no município de Piaçabuçu tem sido reduzidas, passando de 5,4% no ano de 2015 para 1,8% em 2017. Esses dados reforçam a importância dos programas de transferência de renda, como o Bolsa Família, que tem contribuído para a permanência de crianças e adolescentes em ambiente escolar, haja visto que o número de famílias atendidas por esse programa aumentou no município nos últimos anos, sendo a política pública acessada pela maioria das famílias entrevistadas.

Com relação ao acesso a serviços, as casas não possuem esgotamento sanitário adequado, com predomínio de fossa negra, bem como o acesso a água é realizado diretamente pela captação de rios com uso de bombas, não havendo tratamento para o consumo. A coleta de lixo não atende todas as áreas do município, em especial as rurais e as famílias acabam por queimar os resíduos.

Entre as espécies cultivadas pelos extrativistas observa-se presença de diversidade de frutíferas e anuais (gráfico 12) principalmente nos quintais e possuem a finalidade de consumo e venda, demonstrando que as famílias não se ocupam exclusivamente com o

extrativismo, mas combinam diferentes atividades produtivas ao longo do ano, evidenciando a grande dependência dos recursos naturais e dos ciclos da natureza para sua manutenção. Segundo Santos et al. (2015) a combinação de diversas atividades no meio rural pode proporcionar maior produção para autoconsumo, reduzindo a dependência de produtos externos e consequentemente impactando na renda familiar.

Gráfico 12. Itens cultivados pelas famílias da Associação Aroeira.



Porém, para 95% dos entrevistados a principal fonte de renda se dá com a coleta de frutas nativas, sendo esta complementada pelas políticas públicas, principalmente Bolsa Família. Esse dado apesar de demonstrar a importância da atividade entre as famílias, evidencia a situação de vulnerabilidade a que as extrativistas se encontram, haja visto que os preços pagos para os produtos geralmente são baixos. Ao mesmo tempo, reforça a importância do trabalho associativista e a necessidade de estruturação da cadeia produtiva para os produtos do extrativismo na região. Outras pesquisas tem demonstrado a importância do extrativismo como fonte de renda para as famílias, em especial para as mulheres (MENDES et al., 2014a; MENDES et al., 2014b; LIMA, 2010). A organização dos pequenos agricultores em associações, constitui-se em uma das formas mais viáveis de sustentação das pequenas unidades de produção, pois facilita a superação da barreira da indivisibilidade dos fatores chaves de produção, assim como facilita a assistência técnica necessária para as atividades (LAZZAROTTO, 2002), devendo ser apoiado na região.

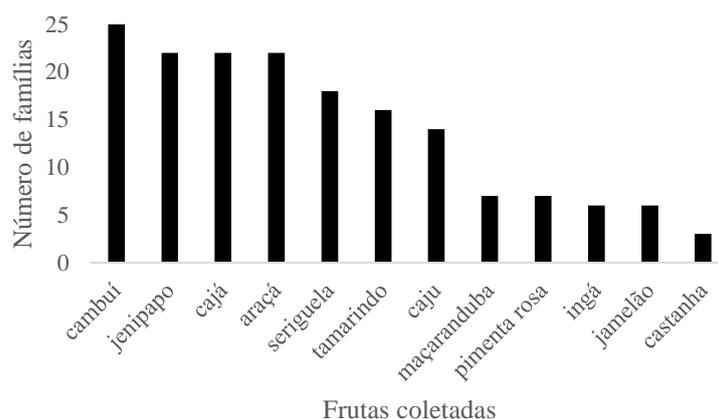
O extrativismo em Piaçabuçu ocorre durante todo o ano, considerando o calendário produtivo de cada espécie e a diversidade existente e é realizado com mão de

obra familiar. A diversidade de frutas nativas obtidas por meio da atividade pode ser observada no gráfico 13.

A comercialização dos produtos do extrativismo ocorre principalmente nas feiras livres de Piaçabuçu e Penedo/AL.

Atualmente a Associação Aroeira aprovou e vem desenvolvendo os Projetos: “Cozinhar com Ecosustentabilidade”, com apoio do FECOEP – AL, tendo o objetivo de expandir e aperfeiçoar a linha produtiva com a instalação de uma agroindústria, atendendo as normas sanitárias para o processamento e o desenvolvimento de produtos, como doces, geleias, pães e outros, utilizando a riqueza da biodiversidade local obtida pelo extrativismo, bem como capacitar e qualificar 50 mulheres para o desenvolvimento das ações e para o associativismo; “Ecocozinhar”, que possibilitou a realização do intercâmbio entre as mulheres de Piaçabuçu e Maragogi; “Mulheres: mães que alimentam”, que visa promover o empoderamento feminino com geração de renda, produção de alimentos artesanais, atuando diretamente com mais de 200 mulheres agricultoras e agroextrativistas. No aspecto da preservação, está previsto o Projeto “Bosque Berçário das Águas”, implementado com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Agencia Bacia Peixe Vivo e busca a produção de mudas nativas, o reflorestamento de áreas de mata ciliar e a implantação de sistemas agroflorestais, atuando diretamente em ações de educação ambiental.

Gráfico 13. Frutos obtidos pela extrativismo entre as famílias da Associação Aroeira.



#### *Desafios e perspectivas*

O extrativismo de frutas nativas é a principal fonte de renda para muitas famílias da região da foz do rio São Francisco, contribuindo para sua manutenção e para a conservação ambiental. Porém, há necessidade de capacitação dos produtores, bem

como estruturação da cadeia produtiva da biodiversidade local, buscando agregar renda aos produtos e contribuir para o manejo sustentável.

O fortalecimento do associativismo tem se mostrado promissor e necessário para o desenvolvimento rural, podendo contribuir para novas relações e estratégias a serem adotadas.

A integração da produção extrativista ao mercado turístico pode ser uma estratégia adotada, considerando o potencial do município e do estado de Alagoas. Ao mesmo tempo, é necessário estruturar o manejo participativo sustentável, por meio dos Planos de Manejos das APAs existentes, visando um modelo de conservação socialmente incluyente; assim como o reflorestamento das matas ciliares da Bacia do Rio São Francisco com plantas nativas frutíferas, preservando o meio ambiente e contribuindo com a geração de renda das comunidades locais.

Associado a esses pontos, a obtenção da certificação orgânica e denominação de origem podem agregar valor aos produtos do extrativismo, expandindo os nichos de mercado.

Ações que melhorem o quadro de educação dos adultos, bem como acesso a serviços, principalmente instalação de sistema de tratamento biológico de esgotos, tratamento da água para consumo doméstico e ampliação da coleta de lixo devem ser implementadas, garantindo melhores condições para as famílias e redução dos impactos ambientais.

### ***A PESCA ARTESANAL EM NEÓPOLIS E AS MUDANÇAS NA OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES***

Os pescadores(as) artesanais residem às margens do Rio São Francisco em área urbana do município de Neópolis – SE, distante 121 km da capital Aracaju. O IDH do município é de 0,589 e os pescadores fazem parte da Colônia Z7 do município.

A idade dos componentes das famílias evidencia o predomínio de indivíduos na faixa etária acima dos 40 anos os mais, independente do sexo. Quanto ao grau de estudos, há predomínio de menor escolaridade em indivíduos do sexo masculino, com presença marcante de crianças em idade escolar em continuidade de seus estudos. Para Freitas et al. (2015) são inúmeras as causas da baixa escolaridade entre pescadores e entre as mais expressivas, constataram que tiveram que optar por trabalhar ou estudar, e diante da realidade de possibilidades restritas, tanto econômicas quanto sociais, optaram ainda jovens por ingressar na atividade econômica. Esse dado reforça a importância do

Programa Bolsa Família na manutenção de crianças e jovens no ambiente escolar, como observado entre o grupo que encontra-se estudando.

A ocupação de todos os integrantes das famílias em idade de trabalho é com a atividade pesqueira, compartilhado entre homens e mulheres do núcleo familiar, mas evidenciando o papel da mulher numa atividade exclusivamente masculina.

Todos os pescadores(as) residem em casas de alvenaria, com energia elétrica, coleta de lixo realizada pelo poder público e água fornecida pela Companhia de Abastecimento de Sergipe. Porém, 11% das residências tem o esgoto despejado diretamente no rio. É importante destacar que o município de Neópolis possui aproximadamente 23% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, segundo dados do IBGE (2020), o que evidencia os impactos ambientais da descarga de efluentes oriundos de esgotos domésticos na calha do Rio São Francisco.

A principal política pública acessada pelos pescadores é o Seguro Defeso (cerca de 90% possuem carteira de pesca e recebem o benefício), seguido do Bolsa família com 50% tendo acesso e aposentadoria com 25%. Segundo informações dos pescadores, todos os associados à colônia acessavam o benefício, conjuntamente aos recursos do Bolsa Família. Entretanto, o Seguro Defeso tem sido pago com atrasos segundo os pescadores de Neópolis, chegando recentemente a ser recebido apenas no fim do período de proibição da pesca, comprometendo a manutenção das famílias.

Com relação a renda média mensal familiar destaca-se que nenhuma família possui rendimentos acima de um salário mínimo, evidenciando a baixa remuneração pela atividade. Esse fato é agravado por ser cada vez mais difícil a captura do pescado na região, com diminuição do tamanho de captura, de variedade de espécies e abundância de indivíduos. Em Neópolis, do total de entrevistados, 12% possuem renda de até R\$ 400,00, 50% renda de até R\$ 500,00, 13% renda de até R\$ 600,00 e 25% renda de até R\$ 1.000,00.

#### *A atividade pesqueira e a percepção da ocorrência das espécies*

A ocorrência de espécies nativas, antes comuns, atualmente são cada vez mais raras ou escassas no Baixo São Francisco. A presença de espécies eurihalinas ou marinhas em Neópolis (distante quase 40 km da foz), são citadas por todos os pescadores e refletem as mudanças ambientais pelas quais o rio São Francisco vem passando e impactando diretamente na atividade econômica da região. A tabela 1 refere-se a lista das espécies pescadas/capturadas mais comuns nas pescarias realizadas na localidade.

Tabela 1. Espécies citadas pelos pescadores(as) e sua ocorrência em ordem decrescente.

Espécies citadas pelas famílias				
	Nome popular	Nº citações	Nome científico	Categoria
Encontram com mais frequência	Robalo*	8	<i>Centropomus parallelus e Centropomus undecimalis</i>	Estuarina
	Tucunaré	6	<i>Cichla monoculus</i>	Exótico
	Piau	6	<i>Leporinus obtusidens e Schizodon knerii</i>	Nativo
	Piranha	5	<i>Pygocentrus piraya</i>	Nativo
	Tilápia	5	<i>Oreochromis niloticus</i>	Exótico
	Carapeba*	5	<i>Eugerres brasiliensis, Eucinostomus melanopterus</i>	Estuarina
	Pirambeba	4	<i>Serrasalmus brandtii</i>	Nativo
	Bagre	4	<i>Bagre marinus</i>	Costeiro
	Traira	3	<i>Hoplias malabaricus</i>	Nativo
	Camarão**	3	<i>Macrobrachium acanthurus e Macrobrachium carcinus</i>	Nativo
	Siri**	2	<i>Callinectes sp.</i>	Costeiro
	Pacú	1	<i>Myleus micans</i>	Nativo
	Pilombeta	1	<i>Anchoviella vaillanti, Anchoviella lepidentostole</i>	Nativo
	Cara boi	1	<i>Astronotus ocellatus</i>	Exótico
Não encontram mais	Xira	7	<i>Prochilodus argenteus</i>	Nativa
	Surubim	6	<i>Pseudoplatystoma corruicans</i>	Nativa
	Tubarana	5	<i>Salminus hilarii</i>	Nativo
	Mandi	5	<i>Pimelodus maculatus e Pimelodus Pohli</i>	Nativo
	Dourado	2	<i>Salminus franciscanus</i>	Nativo
	Curimã	2	<i>Mugil curema</i>	Costeiro
	Piau cutia	2	<i>Prochilodus elongatus</i>	Nativo

\* As espécies em destaque apesar de serem costeiras e de estuário, já são capturadas em Neópolis, de acordo com as citações dos pescadores(as).

\*\* Com a mudança na ocorrência das espécies e maiores dificuldades da pesca, os entrevistados informaram que recentemente mudaram para essa atividade

É evidente a percepção dos pescadores(as) sobre as alterações na ocorrência das espécies, bem como as dificuldades em conseguir sobreviver da atividade, como pode ser observado pelas entrevistas, que mostram que as alterações do regime hídrico com a construção das hidroelétricas são percebidas na realização da pesca:

“Há um ano atrás conseguia pegar 10 a 15 quilos em um dia, hoje pega 1 quilo, às vezes não pega nem pra comer” (entrevistado de 42 anos)

“Peixe está escasso, pra comer tem, mas precisa vender pra comprar outras coisas” (entrevistado de 43 anos)

“Na época que tinha enchente dava muito peixe, hoje não mais” (entrevistado de 50 anos)

“Eu fui pescadora por mais de cinquenta anos, parei de pescar quando não pude mais trabalhar na pesca, trabalhava também na agricultura. Plantava feijão, mandioca, mas por causa dos donos da terra que botou a gente pra fora, então a gente não podia mais fazer nada e ficamos somente com a pesca. Os peixes que antigamente a gente pescava mas que hoje sumiram do rio São Francisco foi a piaba, o mandim, a shira, o surubim e a tubarana também sumiu daqui do Baixo. A gente ainda consegue ver ela lá pelas bandas do sertão, pulando na água, hoje no Baixo só dá mesmo o tucunaré, a piranha, o robalo, só essas coisinhas mesmo, muito fraca a pesca, mas sumiu tudo, acabou tudo. Acredito primeiramente em Deus pra que haja uma mudança pra melhorar aqui o Rio né, e depois nos homens de boa vontade.” (entrevistada aposentada)

“Os peixes que encontramos com muita frequência no rio São Francisco é a pirambeba, o tucunaré, o cará boi, o piau branco, o piau preto, robalo, carapeba, robalo flecha. Temos também a ocorrência de peixes marinhos no rio São Francisco a exemplo do xaréu, vermelha, caranha, sargo de dente e há também relatos de guaiamun. Há também aqueles peixes que sumiram do rio, como o piau amarelo, a shira, dourada, tubarana, curimatã pacu e o mandim, nem o amarelo e nem o branco, e o pintado não se vê mais.” (entrevistado de 38 anos)

Pesquisas tem evidenciado no Baixo São Francisco a redução da atividade pesqueira, nos aspectos de diversidade e produção, além da baixa qualidade e deficiência nas estruturas para armazenamento e comercialização da produção (SOARES et al., 2020; SOARES et al., 2011; LIMA et al., 2010).

Em levantamento na região, Sampaio et al. (2015) verificaram que a pilombeta (*Anchoviella* spp.), na época era a espécie mais rentável com captura por unidade de esforço em média de 8 kg/pescador/dia, seguida do curimatã-pacu ou xira (*Prochilodus argenteus* Spix & Agassiz, 1829), com média de 5 kg/pescador/dia e os pias (*Leporinus* spp.), com média de 2,8 kg/pescador/dia. Entre as espécies marinhas, os autores destacaram os robalos (*Centropomus undecimalis* Bloch, 1792 e *C. parallelus* Poey, 1860) e as carapebas (*Eugerres brasilianus* Valenciennes, 1830), como sendo espécies comuns nos desembarques da região.

Todas essas espécies foram citadas pelos pescadores, com destaque para o robalo e a carapeba, como as de maior ocorrência na lista livre (sendo essas duas estuarinas e de ocorrência comum na região de Neópolis, além da xira (*P. argenteus*), atualmente com pouca incidência nas capturas e nos mercados da cidade sergipana. O aumento da cunha salina (16 km da foz em 2018), tem ocasionado mudança na dinâmica das espécies (SOARES et al., 2020), com o siri (*Callinectes* sp.), representando maior volume nos desembarques pesqueiros e grande incidência na região de Neópolis, sendo este pescado a principal fonte de renda para dois dos pescadores entrevistados. Na BHRSF, espécies marinhas e estuarinas podem ocorrer até vários quilômetros rio acima,

a partir da sua foz (ALVES et al., 2011) e a ictiofauna estuarina apresenta diversos graus de tolerância às variações de salinidade da água (CAMARGO e ISAAC, 2001).

Ainda segundo Sampaio et al. (2015) foram observadas espécies bioinvasoras em seu levantamento, sendo a tilápia (*Oreochromis* sp.), o cará boi (*Astronotus ocellatus*) e o tucunaré (*Cichla monoculus*) os mais representativos. Dentre as espécies exóticas, tucunaré e tilápia foram as mais citadas entre os pescadores de Neópolis, havendo também citação do cará boi. A tilápia foi provavelmente a primeira espécie invasora da região, devido a sua utilização nas pisciculturas localizadas nesse trecho do rio (SAMPAIO et al., 2015).

De acordo com Soares et al. (2011) em levantamento entre os anos de 2007 a 2009 no entorno de Penedo-AL, a produção pesqueira foi representada por 22 espécies, das quais cinco foram mais comuns, sendo a xira (*Prochilodus argenteus*), o piauí (*Leporinus* spp.), a pilombeta (*Anchoviella vaillantii*), o robalo (*Centropomus* sp.) e a carapeba (*Eugerres brasiliensis*). Nas entrevistas atuais, observa-se mudança na ocorrência das espécies na percepção dos pescadores, tendo a xira sido citada como uma espécie rara nos índices de captura, e o robalo e a carapeba (costeiras) com ocorrência abundante. Os autores destacaram que nos anos do estudo, cerca de cinco espécies representaram em média 80% da biomassa do pescado, sendo a xira (também conhecida como curimatã-pacu) a mais capturada, com percentual médio de 40,0%, seguido dos piaús e robalo. Segundo os autores, a ocorrência da carapeba, era observada no entorno das cidades de Penedo e Igreja Nova (distanto 40 km da foz do São Francisco), corroborando com a percepção dos pescadores artesanais.

Barbosa et al. (2017) em levantamento no Baixo São Francisco consideraram a carapeba como uma das espécies invasoras da divisão periférica, observando também peixes exóticos, como os tucunarés (*Cichla* spp.), e diversas outras espécies introduzidas nas últimas décadas com o desenvolvimento da aquicultura, como as tilápias (*Oreochromis niloticus* e *Tilapia rendalli*). Os entrevistados no presente estudo relatam a existência muito comum destes peixes em seus apetrechos de pesca e segundo Freitas et al. (2015), analisando o conhecimento dos pescadores artesanais em relação a ocorrência das espécies, destacaram a presença de exemplares exóticos e o sumiço daquelas espécies antes abundantes e agora consideradas raras, como o dourado, o surubim e o pirá, bem como a diminuição considerável de mandis e piaús.

Soares et al. (2011) consideraram que o incremento anual do robalo em seu levantamento, indicava grande abundância desse peixe na região, ao mesmo tempo que

apresentava maior aceitação nos mercados ribeirinhos e, conseqüentemente, aumento da captura por pescadores artesanais.

Em levantamento preliminar nas proximidades de Penedo/AL, Barbosa e Soares (2009) observaram que dentre as espécies nativas, várias apresentavam importância na alimentação humana, sendo por isso alvo de intensa pesca, destacando-se a curimatã (*Prochilodus* spp.), o dourado (*Salminus franciscanus*), o surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), diferentes espécies de mandi (*Pimelodus maculatus* e *Duopalatinus emarginatus*), piau (*Leporinus* spp.), traíra (*Hoplias microcephalus*) entre outros. Para os autores, a composição das capturas em dois importantes municípios ribeirinhos (Penedo - AL e Neópolis - SE) foi composta por cerca de 16 espécies, sendo a curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) a que ocupou o primeiro lugar das capturas, seguido da pilombeta (*Anchoviella vaillanti*), piau (*Leporinus* sp.) e outras espécies, como carapeba (Gerreidae), cara-boi (*Astronotus ocellatus*), pacu (*Myleus* sp.) e tucunaré. Esses dados reforçam a possível sobrepesca de determinadas espécies, como a curimatã-pacu (xira), levando a redução dos estoques naturais na região, atualmente percebidos pelos pescadores.

A redução das espécies tem levado ao deslocamento dos pescadores de Neópolis para outros locais visando aumentar a sua produtividade. Há casos de pescadores que estão se deslocando até o Chinaré (pertencente ao município de Igreja Nova e distante cerca de 15 a 20 km) para aumentar sua renda. Sobre a necessidade de deslocamento de pescadores artesanais para a realização da atividade, Freitas et al. (2015) também relataram que com a escassez do pescado e a ocupação/privatização de terras às margens do cânion do São Francisco, houve a necessidade de deslocamento por grandes distâncias e longos períodos em busca do peixe, com o objetivo de garantir uma boa pescaria, e esse fato estava ocasionando em maior tempo fora de suas residências e levando dias e até mesmo semanas às margens do cânion.

Dentre as espécies citadas como comuns entre os pescadores de Neópolis, são atribuídos ao piau, a carapeba e a traíra, os melhores preços de comercialização, em feiras e mercados do próprio bairro, ou negociados com atravessadores. Nesse último caso, quando é negociado a venda do camarão, o rendimento é bem menor devido os preços pagos serem mais baixos que os praticados em outros canais de comercialização. Como exemplo, o camarão capturado com “covo” tem uma produtividade média entre 6 e 8 quilos/dia com preço de comercialização de R\$ 8,00/quilo para atravessadores. Segundo Soares et al. (2011) entre as espécies de peixes mais valoradas em relação ao

preço médio de primeira comercialização, houve destaque para o robalo e a carapeba, seguido do piauí e xira e as espécies de menor valor de venda foram a pirambeba e a traíra.

A pesca entre as famílias possui extrema importância para o consumo, mas mesmo assim, a insegurança alimentar atingiu 43% das famílias. Além disso, dos entrevistados, 29% responderam que nos últimos meses ficaram sem dinheiro para ter alimentação variada e que comeram menos do que acharam que devia porque não havia comida suficiente; outros 14% informaram que algum adulto da casa diminuiu a quantidade de alimento ou pulou alguma refeição porque não havia dinheiro suficiente para comprar alimento. Em Neópolis, a insegurança alimentar pode estar relacionada a baixa remuneração pela atividade e como citado nas entrevistas, há necessidade de compra de outros itens para compor a alimentação e necessidades das famílias. A segurança alimentar está presente em 57% das famílias entrevistadas e reflete a dificuldade destas em garantir seus meios de sobrevivência e manutenção por meio da pesca. Segundo Bezerra et al. (2018) apesar da maioria dos pescadores ser beneficiários do Bolsa Família, a prevalência de Insegurança Alimentar foi alta, chegando a 67%.

Fica evidente por meio dos levantamentos, que as mudanças na ocorrência das espécies decorrentes dos impactos e mudanças ambientais tem gerado consequências entre os pescadores artesanais, dificultando a realização da atividade, bem como melhorias na renda e comprometendo a segurança alimentar. Sampaio et al. (2015) destacaram que apesar da riqueza e do elevado grau de endemismo das espécies na Baía do São Francisco, o esforço pesqueiro é empregado sobre um número reduzido de espécies, havendo necessidade de uma política conservadora voltada aos estoques pesqueiros. Da mesma forma, Soares et al. (2011) atentam para a necessidade de um plano de ordenamento da pesca na região, baseados na diminuição do volume de pescado capturado e pressão pesqueira exercida sobre determinadas espécies, sendo evidente a decadência da pesca no Baixo São Francisco, com incidência cada vez menor da variedade de espécies observadas.

### *Desafios e perspectivas*

As ações antrópicas, principalmente no Baixo São Francisco tem impactado diretamente os pescadores artesanais e o desenvolvimento da atividade. A mudança na ocorrência das espécies de pescados são percebidas pelos pescadores(as) e são

semelhantes aos levantamentos de perfil da ictiofauna realizados na região, com destaque para as espécies marinhas/costeiras sendo comuns na região de Neópolis/SE.

As dificuldades de realização e manutenção da pesca tem impactado economicamente as famílias, havendo baixa remuneração com a atividade e contribuindo para o alto índice de insegurança alimentar. O acesso às políticas públicas tem apresentado restrições, principalmente atrasos no recebimento do Seguro Defeso, principal política que visa garantir uma renda mínima às famílias durante os períodos de proibição da pesca.

Ações que contribuam para melhorar os índices de escolaridade, acesso ao sistema de esgotamento sanitário a todas as famílias, manejo e comercialização do pescado devem ser implementadas, visando garantir a manutenção da atividade tradicional destas comunidades.

### ***PERSPECTIVAS E SUGESTÕES PARA O BAIXO SÃO FRANCISCO***

Diante do cenário observado, ações que possibilitem acesso a serviços básicos à população, bem como apoiem os processos produtivos devem ser implementadas, como:

- a) Educação para adultos, por meio de cursos de EJA, visando superar o quadro de analfabetismo existente;
- b) Implantação de cisternas calçadão entre as famílias localizadas nas áreas de baixa precipitação;
- c) Instalação de sistemas de tratamento de água nas áreas rurais;
- d) Acesso às políticas públicas, como PAA leite para as famílias em situação de vulnerabilidade;
- e) Instalação de casa de mel e apoio à estruturação da cadeia produtiva dos produtos apícolas, acesso à crédito para atividade e obtenção de certificações, como orgânica, de origem e de conservação do bioma caatinga, agregando valor aos produtos;
- f) Manutenção e ampliação da assistência técnica e extensão rural pela EMATER;
- g) Instalação de sistemas biológicos de tratamento de esgoto e águas cinzas, integrando a produção de alimentos a esses sistemas;
- h) Acesso e ampliação às políticas de compras governamentais, como PNAE e PAA, além de fortalecimento da comercialização local;

- i) Ações de transição agroecológica para o arroz, visando a redução do uso de agrotóxicos, bem como capacitação para uso correto dos agrotóxicos e instalação de projeto piloto de MIP;
- j) Estruturação da cadeia produtiva da pesca artesanal e a criação de pescados;
- k) Apoio a cadeia extrativista de frutas, bem como capacitação dos grupos para o manejo e obtenção da certificação orgânica;
- l) Apoio ao associativismo e agroindustrialização, agregando valor aos produtos e reduzindo as perdas;
- m) Criação de Resex para extrativismo de frutas, buscando garantir acesso às plantas nativas para as famílias, aliado a conservação ambiental;
- n) Implantação dos planos de manejo das APAs existentes junto às comunidades extrativistas.

## REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Secretaria de Assistência Social. Disponível em: <http://www.assistenciasocial.al.gov.br/programas-projetos/seguranca-alimentar-e-nutricional-1/programa-do-leite>. Acesso em: 13 abr. 2020.

ALVES, C.B.M.; VIEIRA, F.; POMPEU, P.S. Ictiofauna da bacia hidrográfica do rio São Francisco. *In*: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Org.). **Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 226-241. 2011.

BARBOSA, W.F.; SOUSA, E.P. Nível tecnológico e seus determinantes na apicultura cearense. **Rev. Pol. Agrícola**, n. 3, p. 32-47, 2013.

BARBOSA, J.M.; SOARES, E.C. Perfil da ictiofauna da Bacia do São Francisco: estudo preliminar. **Rev. Bras. Enga. Pesca**, 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. **Acta Fish. Aquat. Res.**, v. 5, n. 1, p. 70-90, 2017.

BEZERRA, D.P.; SILVA, D.G.K.C.; SILVA, J.P.C. Perfil nutricional e consumo alimentar de pescadores. **J. Health Sci. Inst.**, v. 36, n. 1, p. 129-135, 2018.

BOTH, J.P.C.L.; KATO, O.R.; OLIVEIRA, T.F. Perfil socioeconômico e tecnológico da apicultura no município de Capitão Poço, Estado do Para, Brasil. **Amazônia: ciênc. desenv.**, v. 5, n. 9, p. 199-213, 2009.

BRASIL. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2013**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 296 p.

BRASIL. **Guia Alimentar para a população brasileira:** promovendo a alimentação saudável. Brasília: Ministério da Saúde. 2008. 210 p.

CAMARGO, J.S.M.; NAVAS, R. Programas institucionais de compra da agricultura familiar no município de Ribeirão Grande/SP: uma análise a partir da produção e consumo. **Rev. NERA**, n. 35, p. 230-245, 2017.

CAMARGO, M.; ISAAC, V.J. Os peixes estuarinos da região norte do Brasil: lista de espécies e considerações sobre sua distribuição geográfica. **Bol. Museu Par. Emil. Goeldi**, v. 17, n. 2, p. 133-157, 2001.

CANO, C.B.; LUZ, C.F.P.; CORRÊA, A.M.S.; ESTEVES, L.M.; CRUZ-BARROS, M.A.V.; BOSCO, L.B.; ROSSI, I.; VIOTTI, M.R.; PEREIRA, A.M.; FERIGOLLI, E.G. Quilombolas: a produção de mel na apicultura familiar do Vale do Ribeira, São Paulo. **Vig. San. debate**, v. 3, n. 4, p. 3-10, 2015.

CHABOUSSOU, F. **Plantas Doentes Pelo Uso de Agrotóxicos.** 1 edição. São Paulo. Ed. Expressão Popular, 2006. 320 p.

CONCEIÇÃO, V.; CONCEIÇÃO, C.A.; CALAZANS, P.S. Consolidação da apicultura nos assentamentos do município de Corumbá, Mato Grosso do Sul. **Cad. Agroecologia**, v. 7, n. 2, 2012.

COSTA, M.N.; REIS, C.M.; COSTA, A.P.; FERREIRA, C.P. Apicultura: uma intervenção agroecológica de desenvolvimento rural para Comunidade Remanescente de Quilombolas de Castanhalzinho, Garrafão do Norte - Pa. **Cad. Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Compêndio de Estudos CONAB.** Brasília: Conab, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 08 jun. 2020.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/elenco-de-projetos/em-producao/boacica>. Acesso em: 04 abr. 2020.

CUNHA, C.J. **Sustentabilidade de agroecossistema:** um estudo de caso no estuário do Rio São Francisco. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2006.

FACHINI, C.; FIRETTI, R.; OLIVEIRA, E.C.; CARVALHO FILHO, A.A. Perfil da apicultura em Capão Bonito, estado de São Paulo: aplicação da análise multivariada. **Rev. Econ. Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 51-63, 2010.

FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R.T.; SANTINATO, R. Adubação orgânica do cafeeiro com uso do esterco de galinha em substituição à adubação mineral. **Cof. Science**, v. 8, n. 4, p. 486-499, 2013.

FREITAS, L.O.; NOGUEIRA, E.M.S.; MOURA, G.J.B. Pesca artesanal no cânion do rio São Francisco: modo de vida, desafios e percepções. *In: NOGUEIRA, E.M.S.; SÁ, M.F.P. (Orgs.). A pesca artesanal no baixo São Francisco: atores, recursos, conflitos.* Petrolina: Editora da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana, 2015. p. 44-103.

GUIMARÃES, C.M.; PRABHU, A.S. Adubação orgânica no arroz de terras altas: relacionamentos entre brusone, esterilidade de espiguetas e produtividade. Comunicado Técnico. EMBRAPA. 2002. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/19924/1/comt\\_42.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/19924/1/comt_42.pdf). Acesso em: 08 jun. 2020.

HELFAND, S. Determinantes da pobreza. *In: MIRANDA, C.; TIBURCIO, B. (Org.). Pobreza rural: concepções, determinantes e proposições para a construção de uma agenda de políticas públicas.* Brasília: IICA, 2011. p. 58-59.

HOLANDA, F.S.R.; ISMERIM, S.S.; ROCHA, I.P.; JESUS, A.S.; ARAÚJO FILHO, R.N.; MELLO JÚNIOR, A.V. Environmental Perception of the São Francisco Riverine Population in Regards to Flood Impact. *J. of Human Ecology*, v. 28, p. 37-46, 2009.

HOLANDA, L.B.; BARROS FILHO, A.A. Métodos aplicados em inquéritos alimentares. *Rev. Paul. Pediatria*, v. 24, n. 1, p. 62-70, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04 fev. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/neopolis/panorama>. Acesso em: 28 mai. 2020.

LAZZAROTTO, J.J. Associativismo rural e a sua viabilização: estudo de caso comparativo de duas associações de produtores rurais do município de Pato Branco (PR). *In: XXXI Encontro da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração (ENANPAD)*, 31, 2002. *Anais...* Salvador, 2002.

LIMA, V.M.M.; SANTOS, M.M.; MARQUES, E.; CESARINA, A.; SOARES, E.C. Plano de manejo pesqueiro e comercialização do pescado na cidade de Penedo, Estado de Alagoas, Brasil. *Rev. Bras. Eng. Pesca*, v. 5, p. 9-22, 2010.

LIMA, I.L.P. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da Mangaba.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 68 p.

LITTLE, P.E. Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e de ação política. *In: BURSZTIN, M. (Org.). A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais.* Rio de Janeiro: Garamound. 2001. p. 107-122.

MALUF, R.; MATTEI, L. Elementos para construção de uma agenda de políticas públicas para o enfrentamento da pobreza rural. *In: MIRANDA, C.; TIBURCIO, B. (Orgs.). Pobreza Rural: concepções, determinantes e proposições para a construção de uma agenda de políticas públicas.* Brasília: IICA, 2011. p. 16-26.

- MARTINS, D.M.F.; CHAGAS, R.M.; MELO NETO, J.O.; MELLO JÚNIOR, A.V. Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco. **Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 1054-1061. 2011.
- MENDES, A.M.S.; OLSZEWSKI, N.; SILVA, F.N.; MENDES, R.L.; BRITO, L.T.L. Impactos ambientais causados pelo uso de fertilizantes agrícolas. *In*: BRITO, L.T.L.; MELO, R.F.; GIONGO, V. (Eds.). **Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 55-99.
- MENDES, M.F.; NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J. A experiência das mulheres extrativistas do assentamento Margarida Alves em Mirassol D'Oeste/MT. **Geog. em questão**, v. 7, n. 1, p. 34-49, 2014. a
- MENDES, M.F.; NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J.; SILVA, T.P. A organização das mulheres extrativistas na região Sudoeste mato-grossense, Brasil. **Est. Feministas**, v. 22, n.1, p. 71-89, 2014. b
- MOTA, D.M.; SANTOS, J.V. Uso e conservação dos remanescentes de mangabeira por populações extrativistas em Barra dos Coqueiros, Estado de Sergipe. **Acta Scient. (Hum. Soc. Sciences)**, v. 30, n. 2, p. 173-180, 2008.
- MUNIZ, L.C.; MADRUGA, S.W.; ARAÚJO, C.L. Consumo de leite e derivados entre adultos e idosos no Sul do Brasil: um estudo de base populacional. **Cienc. Saúde Col.**, v. 18, n. 12, p. 3515-3522, 2013.
- NASCIMENTO, M.C.; RIBEIRO JÚNIOR, C.E.; AGUIAR NETTO, A.O. **Relatório técnico da campanha de avaliação das mudanças socioambientais decorrentes da regularização das vazões no baixo Rio São Francisco**. Maceió, AL, 2013, 175p.
- NASCIMENTO, M.C.; OLIVEIRA, A.L.A. Uso da terra no baixo São Francisco alagoano: um olhar sob o ponto de vista da sustentabilidade geoambiental. *In*: SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO, 1, 2016. **Anais ... Juazeiro**. 2016.
- NAVAS, R.; NASCIMENTO, M.C.R.; SILVA, R.J. Certificação florestal do eucalipto na responsabilidade social: um estudo de caso no Sudoeste Paulista. **Sout. Am. J. Bas. Ed. Techn. Techn.**, v. 2, n. 2, p. 156-164, 2015.
- OLIVEIRA, F.L. **Apicultura no Sertão Paraibano**: principais dificuldades, sob a ótica dos pequenos apicultores. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.
- OLIVEIRA, M.E.; PODEROSO, J.C.M.; FERREIRA, A.F.; RIBEIRO, G.T.; ARAUJO, E.D. Apicultores do Estado de Sergipe, Brasil. **Sc. Plena**, v. 6, n. 1, 2010.
- PAULUS, G.; MULLER, A.M.; BARCELLOS, L.A.R. **Agroecologia aplicada: práticas e métodos para uma agricultura de base ecológica**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 86 p.

QUINLAN, M. Considerations for collecting freelists in the field: examples from ethobotany. **Field Methods**, v. 17, n. 3, p. 1-16, 2005.

RAMOS, M.O.; SOUZA, G.C.; CRUZ, F.T.; KUBO, R.R. Cadeias de produtos da sociobiodiversidade no sul do Brasil: valorização de frutas nativas da mata atlântica no contexto do trabalho com agroecologia. **Amazôn. Rev. Antropol.**, v. 9, n. 1, p. 98-131, 2017.

RESENDE, A.V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2002. 29 p.

RIBEIRO, A.L.P.; CERATTI, S.; BROCH, DT. Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e a participação da agricultura familiar em municípios do Rio Grande do Sul. **Rev. Gestão Des. em Contexto**, v. 1, n. 1, p. 36-49, 2013.

SAMPAIO, C.L.S.; PAIVA, A.C.G.; SOARES, E.C. Peixes, pesca e pescadores do Baixo São Francisco, Nordeste do Brasil. *In*: NOGUEIRA, E.M.S.; SÁ, M.F.P. (Orgs.). **A pesca artesanal no baixo São Francisco: atores, recursos, conflitos**. Petrolina: Editora da Sociedade Brasileira de Ecologia Humana, 2015. p. 105-148.

SAMBUICHI, R.H.R.; GALINDO, E.P.; OLIVEIRA, M.A.C.; MOURA, A.M.M. Compras públicas sustentáveis e agricultura familiar: a experiência do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). *In*: SAMBUICHI, R.H.R.; SILVA, A.P.M.; OLIVEIRA, M.A.C.; SAVIAN, M. (Orgs.). **Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas**. Brasília: IPEA, 2014. p.75-104.

SANTOS, L.P.; LINDEMANN, I.L.; MOTTAI, J.V.S.; MINTEM, G.; BENDER, E.; GIGANTE, D.P. Proposta de versão curta da Escala Brasileira de Insegurança Alimentar. **Rev. Saúde Pública**, v. 48, n. 5, p. 783-789, 2014.

SANTOS, AR.; FELIZARDO, A.O.; NASCIMENTO, W.L.N.; REIS, A.A. Pluriatividade como estratégia de renda: o caso de um agricultor familiar na comunidade ribeirinha São João Batista, Pará. **Rev. Tecnol. Sociedade**, v. 11, n. 23, p. 89-105, 2015.

SANTOS, T.G.; SILVEIRA, J.A.C.; SILVA, G.L.; RAMIRES, E.K.N.M; MENEZES, R.C.E. Tendência e fatores associados à insegurança alimentar no Brasil: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2004, 2009 e 2013. **Cad. Saúde Pública**, v. 34, n. 4, 2018.

SEPLAG. Perfil Municipal. Maceió: Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. 2018. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/dataset/perfil-municipal-2018/resource/dbdf6e5a-f694-4ca7-b05f-2bbb74ecf5a6>. Acesso em: 12 dez. 2019.

SOARES, E.C.; BRUNO, A.M.S.S.; LEMOS, J.M.; SANTOS, R.B. Ictiofauna e pesca no entorno de Penedo, Alagoas. **Biotemas**, v. 24, n. 1, p. 61-67, 2011.

SOARES, E.C.; SILVA, C.A.; CRUZ, M.A.S.; SANTOS, E.L.; OLIVEIRA, T.R.; SILVA, T.J.; RIAL, E.P.; NAVAS, R; SILVA, J.V. Expedition on the Lower São

Francisco: An X-ray of fisheries and agriculture, pollution, silting and saline intrusion. **Braz. J. Development**, v. 6, n. 1, p. 3047-3064, 2020.

TONEZER, C.; PINHEIRO, E.; PAGNUSSAT, L. Quanto vale a produção para o autoconsumo no meio rural? Um estudo de caso no município de Coronel Freitas no Oeste Catarinense. **Extensão Rural**, v. 26, n. 4, p. 90-107, 2019.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987. 175 p.

TURPIN, M.E. A alimentação escolar como fator de desenvolvimento local por meio do apoio aos agricultores familiares. **Seg. Alim. Nutricional**, v. 16, n. 2, p. 20-42, 2009.

UGÁ, V.D. A categoria pobreza nas formulações de política social do Banco Mundial. **Rev. Sociol. Política**, v. 23, p. 55-62, 2004.

VAITSMAN, J.; ANDRADE, G.R.B.; FARIAS, L.O. Proteção social no Brasil: o que mudou na assistência social após a Constituição de 1988. **Rev. Cienc. Saúde Coletiva**, v. 14, n. 3, p. 731-741, 2009.

VARGAS, M.A.M. **Desenvolvimento regional em questão**: o Baixo São Francisco revisitado. Sergipe: UFS, NPGeo, 1999. 279 p.

WOLFF, L.F.; GONÇALVES, M.M.; MEDEIROS, C.A. Apicultura como estratégia econômica de alternativa ao cultivo do tabaco na agricultura familiar. **Rev. Bras. Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 1491-1494, 2009.

ZIMMERMANN, S.A.; GRISA, C.; TECCHIO, A.; LEITE, S.P.; BONNAL, P.; CAZELLA, A.A.; DELGADO, N.G.; MALUF, R.J.; MATTEI, L. Desenvolvimento territorial e políticas de enfrentamento da pobreza rural no Brasil. **Campo-Território: Rev. Geog. Agrária**, v. 9, n. 17, p. 540-573, 2014.



## **Saúde mental de agricultores familiares ribeirinhos do Baixo São Francisco em Alagoas, Brasil: levantamento da I Expedição científica do baixo São Francisco**

Elton Lima Santos<sup>1</sup>, Verônica de Medeiros Alves<sup>2</sup>, Leilane Camila Ferreira e Lima Francisco<sup>3</sup>,  
Alice Correia Barros<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define saúde como um bem estar físico, mental e social, não apenas a ausência de enfermidades ou afecções. Saúde mental é um estado de bem estar, no qual o indivíduo tem capacidade de enfrentar as tensões normais da vida, seguir uma vida profissional produtiva e contribuir socialmente com a comunidade em que vive. Estado em que o indivíduo está consciente de suas capacidades (OMS, 2009). A Organização Mundial da Saúde (2001) estimou que cerca de 450 milhões de pessoas do mundo sofriam com algum transtorno mental e a este número se atribuiu a negligência com que são tratados, pois apenas uma minoria tem acesso ao tratamento.

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que a prevalência de transtorno mental durante a vida varia de 12,2% a 48,6%, dependendo da população e do instrumento utilizado para identificar o transtorno (GONÇALVES; KAPCZINSKI, 2008). Dados de prevalência internacionais adotados pelo Ministério da Saúde relatam que 3% da população apresentam transtornos mentais severos e persistentes, necessitando de cuidados contínuos, e cerca de 9 a 12% apresentam transtornos mentais leves, necessitando de cuidados eventuais (BRASIL, 2009). Rombaldi e colaboradores (2009) relatam que os transtornos mentais representam quatro das dez principais causas de incapacidade no mundo, correspondendo a 12% da carga global de doenças, com um crescimento previsto para 15%, em 2020.

---

<sup>1</sup>Docente do curso de Enfermagem da Universidade Federal de Alagoas, Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Alagoas, Doutora em Saúde Mental pelo Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

<sup>2</sup>Docente do curso de Enfermagem da Universidade Federal de Alagoas, Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de Alagoas, Doutora em Saúde Mental pelo Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

<sup>3</sup>Especialista em psiquiatria e saúde mental. Mestre em Enfermagem pela Universidade Federal de Alagoas. Membro do grupo de estudos em saúde mental, álcool e outras drogas da Universidade Federal de Alagoas.

A prevalência dos transtornos mentais vem aumentando nos últimos anos e dentre os vários fatores que influenciam a ocorrência do transtorno mental, Ludermir e Melo Filho (2002) relatam que a baixa escolaridade, baixa renda e exclusão do mercado de trabalho, expressões da estrutura das classes sociais, proporcionam situações de estresse que podem levar a um transtorno mental. As desigualdades sociais envolvem os

principais sentimentos relacionados à depressão e a outros transtornos mentais (LUDERMIR, 2008).

As diferentes formas de sofrimento psíquico constituem importante causa de perda de qualidade de vida na população em geral (BRASIL, 2009). Dentre os principais agravos mentais, pode-se citar a esquizofrenia, os transtornos de humor e transtornos mentais e afetivos por uso de substâncias.

Apesar do avanço e da transformação da assistência à saúde mental, o portador de transtorno mental ainda é vítima de preconceito, pois existe o estigma da sociedade, o que prejudica relacionamentos sociais, aumentando o sofrimento dos envolvidos (JORGE et al, 2008). Verifica-se de modo geral uma enorme desigualdade na relação de quem necessita efetivamente de tratamento e está em condições de sofrimento mental e quem recebe cuidados e tratamentos básicos (OMS, 2009).

Franco, Druck e Seligmann-Silva (2010) e Silva et al. (2012) afirmam que o adoecimento decorrente do trabalho e, mais especificamente, os transtornos mentais e do comportamento devem ser encarados muito além do que um problema pessoal, mas sim como um problema de saúde pública, que traz grandes consequências tanto econômicas quanto à qualidade de vida dos atingidos.

A população que vive no meio rural e/ou ribeirinhos, conseqüentemente, tem no Brasil, bastante dificuldade de acesso às ferramentas de prevenção e tratamento de transtornos mentais oferecidos pelo serviço público de saúde. Isso pode ser devido a dificuldade de acesso aos serviços de saúde, a dificuldade de deslocamento de equipes de saúde para a promoção da saúde nas áreas rurais e o maior custo dos tratamentos psiquiátricos (QUINDERÉ et al, 2013).

Pesquisas realizadas com trabalhadores agrícolas na Austrália, Canadá, Europa e Estados Unidos indicam que eles e suas famílias apresentam fatores estressantes relacionados ao ambiente físico, à estrutura familiar agrícola, às dificuldades econômicas e às incertezas associadas com a propriedade agrícola, podendo trazer danos a sua saúde mental (FRASER et al., 2005).

Pensando nisso, este capítulo busca identificar e descrever o perfil, avaliando o estado de saúde mental de agricultores familiares ribeirinhos da região do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil., com dados e informações obtidas *in loco* durante a I Expedição Científica do baixo São Francisco.

## **SAÚDE MENTAL E A AGRICULTURA FAMILIAR: ASPECTOS ENVOLVENDO A POPULAÇÃO DO BAIXO SÃO FRANCISCO**

A I Expedição Científica do Baixo São Francisco teve uma duração de 6 dias a bordo de uma embarcação e com desembarques nas cidades citadas anteriormente, composta por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores e estudantes, em diversas áreas do conhecimento, no mês de outubro de 2018. Nesse período, os trabalhadores rurais e ribeirinhos foram convidados a responder a dois instrumentos de coleta para obtenção de informações a respeito da saúde mental dos mesmos.

As entrevistas aconteceram de forma aleatória, em local reservado, para preservar a confidencialidade das informações coletadas e o anonimato dos entrevistados e foi constituída por trabalhadores de agricultura familiar residentes em Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piacabuçu, no Estado de Alagoas, Brasil.

Foram utilizados dois instrumentos: um questionário com variáveis sociodemográficas e o questionário de identificação de transtornos mentais comuns chamado Self Report Questionnaire (SRQ-20). O SRQ foi desenvolvido por Harding et al. (1980) e validado no Brasil por Mari e Willians (1986). É composto por 20 questões elaboradas para detecção de distúrbios “neuróticos”, chamados atualmente de TMC. Os escores obtidos sinalizam a probabilidade de presença de TMC ou desconforto emocional, variando de 0 (nenhuma probabilidade) a 20 (extrema probabilidade). Não inclui questões sobre sintomas psicóticos nem sobre o consumo de álcool e outras drogas. Nessa pesquisa, foi adotado o ponto de corte de 07 ou mais respostas positivas como indicativo da presença de TMC, baseando-se no estudo de Mari e Willians (1986).

Transtornos Mentais Comuns (TMCs) é uma terminologia utilizada para a caracterização de quadros sintomáticos não psicóticos e sem patologia orgânica associada (MARAGNO et al., 2006). Os TMCs reúnem sintomas depressivos e psicossomáticos, tais como insônia, fadiga, dificuldade de concentração que, além de causarem intenso sofrimento psíquico, geram incapacidade funcional (CARLOTTO et al., 2011).

Foram entrevistados 43 trabalhadores de agricultura familiar residentes em Porto Real do Colégio, Igreja Nova, Penedo e Piacabuçu (Tabela 1). A média de idade foi de 45,7 ( $\pm$  14,3). A maioria era do sexo masculino (40- 93%), casado (28 – 65,1%), cultivava arroz (13 – 30,2%) e trabalhava com pesca (7 – 16,3%) (Tabela 1).

O trabalho também pode ser fonte de sofrimento, quando contém fatores de risco para a saúde e, de certo modo, o trabalhador não dispõe de instrumental suficiente para se proteger desses riscos (NUNES, 2009). Durante a expedição identificou-se 7 (16,3%) pessoas com TMC (Tabela 1). Estudo realizado no município de Três de maio, Rio Grande do Sul, entrevistou 361 agricultores e identificou que 47,9% (173) dos participantes apresentaram TMC (MORIN, STUMM, 2018). Outro estudo realizado com 362 mulheres agricultoras do município de Saudades, Santa Catarina identificou que 21,54% das mulheres responderam ao SRQ-20 com escores acima ou igual a 7, indicando a hipótese de TCM (MAHL, STEIN, COSTA, 2017).

Os itens mais pontuados foram: Falta de apetite; sente-se nervoso, tenso ou preocupado; cansa-se com facilidade; dor de cabeça frequente; assusta-se com facilidade, tem sensações desagradáveis no estômago (Tabela 1). Os sintomas mais recorrentes no estudo de Mahl, Stein, Costa (2017) foram: Sente-se tenso, nervoso ou preocupado (91,02%), Tem dificuldades de pensar com clareza (74,64 %) e Você se cansa com facilidade (74,64 %). Os sintomas mais presentes citados acima podem estar relacionados com a presença do transtorno de ansiedade, onde o indivíduo não consegue melhorar essa preocupação, sente-se como se estivesse com os nervos à “flor da pele”, fadigado, irritável, com dificuldade de concentração, tenso e com sono irregular (DSM-5, 2014).

A exposição do trabalhador a condições psicossociais adversas pode prejudicar a sua saúde e o seu bem-estar e gerar sofrimento psíquico, sentimentos de insatisfação e desmotivação no trabalho e problemas de relacionamento, entre outras dificuldades (SERAFIM, 2012). A energia negativa acumulada no aparelho psíquico pode se exacerbar, desencadeando reações somáticas ou perturbações físicas, devido à sobrecarga psíquica (D'ÁVILA, 2005).

Os transtornos de ansiedade compartilham como características principais o medo e a ansiedade numa forma demasiada e exagerada, além das perturbações comportamentais (DSM-V, 2014). Sendo que a ansiedade pode ser definida como “a antecipação de uma ameaça futura” e o medo como a “resposta emocional a ameaça iminente real ou percebida” (DSM-V, 2014). Diferentemente do medo e da ansiedade de adaptação, os transtornos de ansiedade são excessivos e persistentes (DSM-V, 2014).

Oliveira e Pereira (2012) refere que a ansiedade é a resposta subjetiva a um fator de estresse. Todo indivíduo tem um limiar de estresse, o qual quando limitado torna a pessoa mais vulnerável aos sintomas de estresse, com consequente maior

vulnerabilidade para o desenvolvimento de ansiedade (BAPTISTA; CARNEIRO, 2011).

Duas dessas já tiveram depressão ao longo da vida e uma alegou fazer tratamento medicamentoso (Tabela 1). A depressão é considerada como um problema prioritário de saúde pública e estão, mundialmente, entre as cinco doenças mais incapacitantes (RODRIGUES, 2011). Além disso, a adesão ao tratamento é considerada também um problema de saúde pública, devido as limitações e perdas progressivas na vida pessoal do paciente. A não adesão está associada, principalmente, aos efeitos colaterais dos medicamentos e à sintomatologia nos momentos de crise (MIASSO, CASSIANI, PEDRÃO, 2008).

Na depressão, o indivíduo pode apresentar perda de interesse pelas atividades do cotidiano, sentimento de inutilidade e culpa, perda da autoestima, ideias de morte e suicídio, perturbações do sono e alterações do apetite, além destes podem estar presentes os sintomas somáticos. É caracterizado por episódios distintos de pelo menos duas semanas de duração, alguns ocorrendo por um período maior de tempo e pode ocorrer episodicamente ou recorrente ou crônica (SENA, 2014). O paciente deprimido tem três vezes mais probabilidades de não seguir o regime médico do que o não deprimido. Existe, pois, a necessidade de treinamento da equipe de saúde para detectar transtornos depressivos e falta de adesão ao tratamento (SOUZA et al., 2013).

Segundo DSM-5 (2014), têm-se fatores ambientais, genéticos e fisiológicos que podem influenciar no desenvolver do Transtorno Depressivo Maior.

Ambientais: Experiências adversas na infância constituem um conjunto de fatores de risco potenciais para Transtorno Depressivo Maior. Eventos estressantes na vida são bem reconhecidos como precipitantes de episódios depressivos maiores (DSM-5, 2014).

Genéticos e fisiológicos: Os familiares de primeiro grau de indivíduos com transtorno depressivo maior têm risco 2 a 4 vezes mais elevado de desenvolver a doença que a população em geral. Os riscos relativos parecem ser mais altos para as formas de início precoce e recorrente. A herdabilidade é de aproximadamente 40%. (DSM-5, 2014).

**Tabela 1-** Características gerais e transtornos mentais comuns de agricultores familiares ribeirinhos da região do baixo São Francisco, Alagoas, Brasil.

Sexo	Porto Real do Colégio	Igreja Nova	Penedo	Piacabuçu	Total
Masculino	10 (25%)	9 (22,5%)	11 (27,5%)	10 (25%)	40 (93%)

<b>Feminino</b>	2 (66,7%)	-	1 (33,3%)	-	3 (7%)
<b>Total</b>	12 (27,9%)	9 (20,9%)	12 (27,9%)	10 (23,3%)	43 (100%)
<b>Média de idade</b>	45,7 ± 14,28 (Máx: 69 e Mín: 21 anos)				
<b>Estado civil</b>	<b>Casado</b>	<b>Separado</b>	<b>Solteiro</b>	<b>Viúvo</b>	<b>Sem reposta</b>
<b>Total</b>	28 (65,1%)	2 (4,7%)	6 (13,9%)	2 (4,7%)	5 (11,6%)
<b>Cultivo de arroz</b>	13(30,2%)				
<b>Pesca</b>	7 (16,3%)				
<b>Transtorno mental por sexo</b>	<b>Porto Real do Colégio</b>	<b>Igreja Nova</b>	<b>Penedo</b>	<b>Piacabuçu</b>	<b>Total</b>
<b>Masculino</b>	1 (16,7%)	3 (50%)	2 (33,3%)	-	6 (85,7%)
<b>Feminino</b>	1 (100%)	-	-	-	1 (14,3%)
<b>Total</b>	2 (28,6%)	3 (42,8%)	2 (28,6%)	-	7 (16,3%)
<b>Usa remédio psiquiátrico</b>					
<b>Sim</b>	3 (7,0%)				
<b>Já teve depressão</b>					
<b>Sim</b>	2 (4,6%)				
<b>Itens do Instrumento SQR – 20 com mais afirmações positivas</b>					
Falta de apetite	13 (30,2%)				
Sente-se nervoso, tenso ou preocupado	13 (30,2%)				
Cansa-se com facilidade	13 (30,2%)				
Dor de cabeça frequente	12 (27,9%)				
Assusta-se com facilidade	12 (27,9%)				
Tem sensações desagradáveis no estômago	12 (27,9%)				

Blum (2001) relata que as propriedades familiares passam por inúmeros problemas de terra (concentração e qualidade), de mão-de-obra (escassez, qualidade, custo e humanização), de capital (escassez, política agrícola) e de capacidade empresarial (falta de análise de custos, de margens brutas, de lucratividade, de análise de investimentos, de associativismo e de visão sistêmica, comercialização e agregação de valor e uso de tecnologia). Isso pode ser considerado um gatilho para o desencadeamento de transtornos mentais comuns.

O trabalho, por sua vez, desempenha função essencial na vida das pessoas, pois é por meio dele que cada pessoa constrói sua identidade, possibilitando, ainda, realização, descobrimento de habilidades e integração social (JILLOU, 2013). No entanto, a natureza do trabalho tem significativa interferência na saúde do trabalhador (LAGO, 2015).

Em meio às principais doenças relacionadas ao trabalho, os transtornos mentais (TM) têm atingido grande parcela da população, gerando absenteísmo e afastamento prolongado de suas atividades. Buscando-se investigar quais os motivos de afastamento por transtorno mental, Miranda, Alvarado e Kaufman (2012) observaram que os diagnósticos mais presentes foram os distúrbios depressivos e do comportamento, seguidos dos transtornos ansiosos.

Sendo o trabalho uma atividade inerente ao indivíduo enquanto ser social. Como o homem passa uma expressiva parte da sua vida no ambiente de trabalho, ele está passível a várias ocorrências que podem interferir positiva ou negativa ou negativamente sobre sua saúde física e/ou mental (GAVIN, 2013). Assim, faz-se necessário criar um ambiente de trabalho favorável ao trabalhador para evitar riscos à saúde física e mental (OMS, 2010). Os transtornos mentais são influenciados por uma combinação de fatores biológicos, psicológicos e sociais. Afetam pessoas de todas as idades, em todos os países e causam sofrimento aos indivíduos, às famílias e às comunidades (POLETTO, 2009).

A determinação social e os territórios viventes são fatores preponderantes, dentro do contexto do estudo da saúde mental, de forma que, o processo de saúde-doença-cuidado no meio rural tem que ser avaliado com particularidade e bastante atenção. Sendo assim, Dantas et al. (2020) ressaltaram esses mesmos aspectos, para a avaliação de transtornos mentais no meio rural, destacando que a contextualização do processo saúde-doença-cuidado está intimamente relacionada à sua territorialização. Relatando ainda que, no meio rural, as condições de vulnerabilidade se agravam. Indicadores socioeconômicos de assentamentos rurais do Nordeste brasileiro revelam considerável índice de não alfabetizados, de insegurança alimentar e de mortalidade infantil; dificuldade no acesso aos serviços públicos e assistência técnica; precariedade das condições de trabalho e maior dependência dos programas de transferência de renda. Ou seja, uma complexidade de fatores e combinação de riscos produtores de sofrimento que impactam na saúde mental.

Corroborando os dados verificados no estudo no baixo São Francisco, Poletto (2009), em estudo buscando identificar os fatores relacionados ao processo de trabalho

que podem contribuir para a ocorrência de problemas de saúde mental de trabalhadores agrícolas familiares da microrregião de Ituporanga, Santa Catarina, puderam constatar que, o trabalho sazonal e a carga de trabalho, as condições climáticas, o isolamento e suporte social, os problemas financeiros, o uso de agrotóxicos, as intoxicações, os problemas de saúde e acidentes são fatores que podem contribuir para os agravos à saúde mental dos trabalhadores agrícolas familiares estudados, obtendo uma prevalência de 33,8% de problemas de saúde mental nos trabalhadores.

Morais et al (2020), quando avaliaram o impacto do desenvolvimento de ações extensivas em Unidades Básicas de (UBS) sobre condições de saúde mental em uma comunidade rural do sertão pernambucano (Lagoa grande-PE), puderam verificar que a saúde mental é considerada precária pela maioria dos participantes das atividades extensivas, havendo um índice alto de transtornos mentais comuns. As condições adoecimento tendem a se agravar devido as condições insatisfatórias de trabalho, educação, moradia e lazer, além do acesso restrito a espaços de convivência comunitária, a bens e serviços. A exposição a agrotóxicos e a ausência de lazer foi vista com um dos principais fatores de risco para o adoecimento mental no território estudado. Esses mesmos autores destacam ainda que dentre os agravos à saúde mais frequentes em comunidades rurais, destacam-se os Transtornos Mentais Comuns (TMCs), que se constituem como um conjunto de manifestações com sintomas ansiosos, depressivos ou somatoformes proeminentes. Apesar de uma elevada prevalência entre adultos, apenas uma pequena parte dos TMC é identificada e tratada.

Da mesma forma, Silva (2019), estudando a qualidade de vida dos agricultores expostos a agrotóxicos na produção de coco no perímetro irrigado de São Gonçalo, constataram que os aspectos de problemas emocionais e mentais são os aspectos relacionados à saúde mais potencialmente expressos pelos trabalhadores, de forma que os autores determinaram que: o pior escore constatado na escala de Raw Scale sobre qualidade de vida, foram os domínios aspectos físicos, os aspectos emocionais e a dor, ou seja, os participantes não apresentam bons conceitos da sua própria saúde, haja visto que houve a diminuição da quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades, e que realizou menos tarefas do que gostaria de fazer por motivo de problema com o seu trabalho ou alguma atividade diária regular. Com relação a dor, observa-se a variação da intensidade de leve a moderado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo possibilitou a compreensão sobre a ocorrência de transtornos mentais comuns em trabalhadores agrícolas ribeirinhos da região do baixo São Francisco. Esses moradores que trabalham com a agricultura e a pesca vêm apresentando TMC que necessitam de um cuidado multidisciplinar voltado para a promoção da saúde mental.

A presença de transtornos mentais comuns em trabalhadores da agricultura familiar levanta a necessidade de uma atenção diferenciada para os mesmos, buscando meios que amenizem os fatores que desencadeiam os sintomas, buscando estratégias para melhorar a qualidade de vida. Estudos como este figuram sua importância por possibilitar traçar um perfil epidemiológico desses trabalhadores, levantando-se um espaço para discussão sobre os transtornos mentais.

## **AGRADECIMENTOS**

A toda a equipe da I Expedição Científica do Baixo São Francisco. Ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (CBHRSF), e a Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação de Alagoas (FAPEAL), pelo aporte financeiro.

## **REFERÊNCIAS**

- BLUM, R. Agricultura familiar: estudo preliminar da definição, classificação e problemática. In: TEDESCO, J. C. Agricultura familiar: realidades e perspectivas. Passo Fundo: UPF, 2001, p. 57-104.
- BAPTISTA, Makilim Nunes; CARNEIRO, Adriana Munhoz. Validade da escala de Depressão: Relação com Ansiedade e estresse laboral. *Estud. psicol. (Campinas)*, Campinas, v. 28, n. 3, p. 345-352, setembro de 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Saúde na escola / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- CARLOTTO, M. S.; AMAZARRAY, M. R.; CHINAZZO, Í.; TABORDA, L. Transtornos mentais comuns e fatores associados em trabalhadores: Uma análise na perspectiva de gênero. *Caderno de Saúde Coletiva*, v.19, n.2, p.172-8, 2011.

CASTRO, J.S.M.; CONFALONIERI, U. Uso de agrotóxicos no Município de Cachoeiras de Macacu (RJ) / Pesticide use in Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, v.10, n.2, p.473-482, 2005.

DANTAS, C.M.B., DIMENSTIEN, M., LEITE, J.F., MACEDO, J.P., BELARMINO, V.H. Território e determinação social da saúde mental em contextos rurais: cuidado integral às populações do campo. *Athenea Digital*, v. 20, n.1, e2169, 2020.

D'AVILA, M.L.S.I.; KUSTER, M.F.C.; GIOVANETTI, M.O. Quando a saúde adocece: situação de saúde mental dos servidores da Secretaria da Saúde do município de Curitiba. Trabalho de Conclusão de curso – Faculdade Evangélica do Paraná, 2005.

DIMENSTEIN, M.; MACEDO, J.P.S.; LEITE, J. et al. Iniquidades Sociais e Saúde Mental no Meio Rural. *Psico-USF, Bragança Paulista*, v. 22, n. 3, p. 541-553, set./dez. 2017.

DSM 5. Manual de Diagnóstico e Estatístico das Perturbações Mentais, 5ª Edição. Lisboa: Climepsi Editores. Baldwin, R.C. 1120p., 2010.

FAO- INCRA. Perfil da agricultura familiar no Brasil: Dossiê Estatístico. UFT/BRA/036, Brasília: INCRA, 1996.

FRASER, C.E. et al. Farming and mental health problems and mental illness.

FRANCO, T.; DUCK, G.; SELIGMANN-SILVA, E. As novas relações de trabalho, o desgaste mental do trabalhador e os transtornos mentais no trabalho precarizado. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, São Paulo, v. 35, n. 122, p. 229-248, 2010.

*International Journal of Social Psychiatry*, v. 51, p. 340-349. 2005.

GAVIN, R.S. Depressão, estresse e ansiedade: um enfoque sobre a saúde mental do trabalhador. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, 2013.

GONÇALVES D.M.; KAPCZINSKI, F. Transtornos mentais em comunidade atendida pelo Programa Saúde da Família. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro; 24(7):1641-1650, 2008.

HARDING, T.W.; ARANGO, M.V.; BALTAZAR, J.; CLIMENT, C.E.; IBRAHIM, H.H.A.; IGNACIO, L.L.; MURTHY, R.S. e WIG, N.N. Mental Disorders in primary health care: a study of their frequency and diagnosis in four development countries. *Psychological Medicine*, v.10, p.231-241. 1980.

JILOU, Vivian. Capitalismo Flexível, Trabalho Precarizado E Sofrimento Psíquico De Professores Universitários. *Revista Encontro de Pesquisa em Educação*, Uberaba, v. 1, n.1, p. 187-201, 2013.

JORGE, M.S.B. et al. Representações sociais das famílias e dos usuários sobre participação no tratamento de pessoas com transtorno mental. *Revista Escola de Enfermagem Universidade de São Paulo*, São Paulo; 42(1):135-42, 2008.

LAGO, Rozilaine Redi; CUNHA, Bruna Souza; BORGES, Maria Fernanda de Sousa Oliveira. Percepção Do Trabalho Docente Em Uma Universidade Da Região Norte Do Brasil. *Trab. educ. saúde*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 429-450, Aug. 2015.

LUDERMIR, A.B. Desigualdades de Classe e Gênero e Saúde Mental nas Cidades. *Physis Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro; 18 (3): 451-467, 2008.

LUDERMIR, A.B.; MELO FILHO, D.A. Saúde mental, condições de vida e estrutura ocupacional. *Revista Saúde Pública*; 36(2):213-21, 2002.

MAHL, A.C.; STEIN, J. e COSTA, A.B. Ocorrência de transtornos mentais em mulheres agricultoras familiares e estratégias de cuidado ofertadas no município de Saudades – SC. *Vitalle – Revista de Ciências da Saúde*, v.29 n. 2, p.23-34, 2017.

MARAGNO, L., GOLDBAUM, M., GIANINI, R. J., NOVAES, H. M. D., & CÉSAR, C. L. G. Prevalência de transtornos mentais comuns em populações atendidas pelo Programa Saúde da Família (QUALIS) no Município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v.22, n.8, p.1638-1648. 2006

MARI, J.; WILLIAMS, P.A. A validity study of a psychiatric screening questionnaire (SRQ-20) in primary care in the city of São Paulo. *British Journal of Psychiatry*, v.148, p.23-26. 1986.

MARTINS, J.S. O futuro da sociologia rural e sua contribuição para a qualidade de vida rural. *Estudos Avançados*. V.15, n.43, p.31-36. 2001.

MIASSO, A.I.; CASSIANI, S.H.B.; PEDRÃO, L.J. Bipolar affective disorder and medication therapy: identifying barriers. *Revista Latino-americana de Enfermagem* 16(4):739-45, 2008.

MIRANDA, G.; ALVARADO, E.; KAUFMAN, J. S. Duración de las licencias médicas FONASA por transtornos mentales y del comportamiento. *Revista Medica de Chile*, Chile, v. 40, p. 207-213, 2012.

MORAIS, S.R.S, SENA, L., BALDO, A.M., SOUTO, B.S. Saúde mental em territórios rurais: a experiência do pet-saúde GRADUASUS UNIVASF. *Revista de Extensão da UNIVASF, Petrolina*, v. 8, n. 1, p. 085-099, 2020. *Extramuros, Revista de Extensão da UNIVASF, Petrolina*, v. 8, n. 1, p. 085-099, 2020.

MORIN, P. V.; STUMM, E. M. F. Transtornos mentais comuns em agricultores, relação com agrotóxicos, sintomas físicos e doenças preexistentes. *Psico*, v. 49, n. 2, p. 196-205, 2018.

NUNES, A.V.L.; LINS, S.L.B. Servidores públicos federais: uma análise do prazer e do sofrimento mental. rPOT, volume 9 n°1, jan-jun, 2009, p. 51-67.

OLIVEIRA, Vanessa; PEREIRA, Telmo. Ansiedade, depressão e burnout em enfermeiros: Impacto do trabalho por turnos. Rev. Enf. Ref. Coimbra, v. serIII, n. 7, p. 43-54, jul. 2012 .

OMS - Organização Mundial de Saúde. Salud Mental: um estado de bienestar. 2009. Disponível em: <[http://www.who.int/features/factfiles/mental\\_health/es/index.html](http://www.who.int/features/factfiles/mental_health/es/index.html)>. Acesso em: 20 abr 2019.

OMS - Organização Mundial de Saúde. Mental health resources in the world: Initial results of Projet ATLAS. Genebra, Organização Mundial da Saúde (Fact Sheet No 260, abril 2001).

OMS - Organização Mundial de Saúde. Integração de Saúde Mental nos cuidados de saúde primários: Uma perspectiva global. 2009. Recuperado de [http://www.who.int/eportuguese/publications/Integracao\\_saude\\_mental\\_cuidados\\_primarios.pdf](http://www.who.int/eportuguese/publications/Integracao_saude_mental_cuidados_primarios.pdf). acesso em 20 de abr. de 2020.

OMS - Organização Mundial de Saúde. Ambientes de trabalho saudáveis: um modelo para ação: para empregadores, trabalhadores, formuladores de política e profissionais. 2010; tradução do Serviço Social da Indústria. - Brasília: SESI/DN, 2010 26p.

OMS – Organização Mundial da Saúde. mhGAP: Mental Health Gap Action Programme: scaling up care for mental, neurological and substance use disorders. Geneva: WHO; 2008.

POLETTI, A.R. Processo de trabalho e saúde mental de trabalhadores agrícolas familiares da microrregião de Ituporanga, Santa Catarina. 2009. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

QUINDERE, P.H.D.; JORGE, M.S.A.; NOGUEIRA, M.S.L.; COSTA, L.F.A. e VASCONCELO, M.G.F. Acessibilidade e resolubilidade da assistência em saúde mental: a experiência do apoio matricial. Ciência & Saúde Coletiva, v. 18, n. 7, p.2157-2166, 2013.

RODRIGUES, K.L.R.; FERREIRA, S.T.O. Depressão: é possível intervir na incapacidade para o trabalho? IV Congresso de Gestão Pública – COBSAD. Centro de Convenções Ulysses Guimarães, Brasília/DF, 2011.

ROMBALDI, A.J., et al. Prevalência e fatores associados a sintomas depressivos em adultos do sul do Brasil: estudo transversal de base populacional. *Revista Brasileira Epidemiologia*; 13(4): 620-9, 2010.

SENA, T. Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais-DSM-5, estatísticas e ciências humanas: inflexões sobre normalizações e normatizações. *INTERthesis: Revista Internacional Interdisciplinar*, v.11, n.2, p.96-117, 2014.

SERAFIN, A.C., et. al. Riscos psicossociais e incapacidade do servidor público: um estudo de caso. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 2012, 32(3), 686-705.

SILVA, E. B. F. et al. Transtornos mentais e comportamentais: perfil dos afastamentos de servidores públicos estaduais em Alagoas, 2009.

*Epidemiologia Serv. Saúde, Brasília*, v. 21, n. 3, p. 505-514, 2012.

SILVA, E.D. Qualidade de Vida dos agricultores expostos a agrotóxicos na produção de coco: Estudo de caso no Perímetro Irrigado de São Gonçalo. 2019. 71f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2019.

SOARES, W.; ALMEIDA R.M.; MORO, S. Trabalho rural e fatores de risco associados ao regime de uso de agrotóxicos em Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*. V.19, n.4, p.1117-1127, 2003.

SOUZA, B. F.; PIRES, F. H.; DEWULF, N. L. S.; INOCENTI, A.; SILVA, A. E. B. C.; MIASSO, A. I. Pacientes em uso de quimioterápicos: depressão e adesão ao tratamento. *Rev Esc Enferm USP*; 47(1):61-8, 2013.



# Educação ambiental nas escolas ribeirinhas do baixo São Francisco

*Environmental Education in the São Francisco Riverside Communities, in Alagoas, Brazil*

José Vieira Silva<sup>17</sup>; Márcio José Rodrigues Câmpelo<sup>18</sup>; Evaristo Perez Rial<sup>19</sup>

**RESUMO:** As atividades de educação ambiental realizadas durante a 2ª Expedição Científica do Baixo São Francisco foram desenvolvidas em escolas públicas e particulares de ensino fundamental e médio das comunidades ribeirinhas. As visitas às escolas tiveram como finalidade apresentar um vídeo e uma palestra sobre os problemas ambientais do Rio São Francisco e promover uma maior aproximação com as mesmas. Assim foi possível conhecer a realidade e a forma de abordagem das mesmas com a temática da educação ambiental no dia-a-dia. Com a participação efetiva dos alunos, foram realizados plantios de mudas de espécies vegetais nativas, usando a tecnologia do hidrogel.



**ABSTRACT:** The environmental education activities carried out during the 2nd Scientific Expedition of São Francisco River, in Alagoas, Brazil, were developed in public and private schools of primary and secondary education of the riverside communities. The visits to the schools had the purpose of presenting a video and a lecture on the river environmental problems and promoting a closer relationship with them. Thus, it was possible to know the reality and how to approach them with the environmental education thematic on a daily basis. With the effective participation of students, native plant species seedlings were planted using hydrogel technology.

## 1 – Caracterização dos problemas do Baixo São Francisco (BSF)

A região do BSF está localizada entre os estados de Sergipe e Alagoas, cobrindo uma área de 25.500 km<sup>2</sup>, 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 Baixo

<sup>17</sup> Professor Associado, PPGAA / CRAD. *Campus* Arapiraca. Universidade Federal de Alagoas.

<sup>18</sup> Fotógrafo da Natureza – Instituto SOS Caatinga. Maceió - Alagoas.

<sup>19</sup> Técnico Sênior em Aquicultura Marinha. Instituto Espanhol de Oceanografia. Vigo – Espanha.

São Francisco vai de Paulo Afonso (BA) até a foz, margeando a divisa entre os Estados de Sergipe e Alagoas, e representa cerca de 4% da área total da Bacia do Velho Chico e cerca de 270 km de extensão (Medeiros *et al*, 2014)<sup>20</sup>.

O BSF apresenta os piores indicadores socioeconômicos, com um PIB baixo e os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios classificados como baixos (0,45 a 0,599, grande maioria) e médios (entre 0,6 e 0,699, poucos). Apesar da proximidade com a maior fonte de água doce superficial na região Nordeste, apenas 78% da população dos municípios de Alagoas tem acesso à água para beber, enquanto que em Sergipe esse número chega a 91%.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2019 (IBGE, 2019)<sup>21</sup>, cada alagoano recebeu em média R\$ 730,86, que correspondente a 73,2% do salário mínimo vigente no período. Por outro lado, em metade dos municípios ribeirinhos no Baixo São Francisco, a renda per capita média mensal por pessoa da família, não ultrapassa R\$ 140,00, caracterizando-se como "abaixo da linha de pobreza". Outro ponto indicador, que é reflexo direto da distribuição de renda e que merece grande atenção, 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, 2020)<sup>22</sup>.

Dadas às condições sócio-econômicas críticas e adversas, a população ribeirinha residente utiliza em grande escala os recursos naturais locais nas atividades de subsistência. Isto tem gerado uma pressão antrópica muito grande sobre as áreas de Caatinga, com diferentes níveis de importância ecológica, conservação e degradação. No Estado de Alagoas, ao longo dos tempos, as áreas de Caatinga 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.

---

<sup>20</sup> MEDEIROS, PRP; SANTOS, MM; CAVALCANTE, GH; SOUZA, WLF; SILVA, W.F. Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): efeitos de barragens no transporte de materiais na interface continente-oceano. DOI: [10.5327/Z0102-9800201400010007](https://doi.org/10.5327/Z0102-9800201400010007). *Geochimica Brasiliensis*. 28(1): 65-78, 2014.

<sup>21</sup> IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2019. PNADC. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pesquisa/10070/64506>. Acesso em 24 de junho de 2020.

<sup>22</sup> - INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. <http://ideb.inep.gov.br/resultado/>. Acesso em 24 de junho de 2020.

A construção de barragens, estradas e núcleos urbanos e a expansão da agropecuária, provocaram uma redução severa da vegetação ciliar do Rio São Francisco e seus afluentes, apresentado hoje uma fisionomia bastante modificada. Face à severa supressão, muitas espécies nativas estão extintas e, na grande maioria dos ambientes ciliares remanescentes, não há resiliência que permita a vegetação se restabelecer por mecanismos naturais de regeneração.

Em decorrência da ausência de vegetação e da redução da vazão do rio em conseqüências das secas na bacia, verifica-se um acelerado processo de erosão das margens do rio. Isto traz como conseqüências imediatas, o assoreamento do leito principal do rio, com perdas de recursos da flora e fauna locais, redução dos pescados, redução das terras produtivas e, conseqüentemente, empobrecimento das comunidades que residem às margens do rio.

## **2 – A Expedição Científica e as Escolas Ribeirinhas**

A Expedição Científica do Baixo São Francisco (BSF) é uma iniciativa coordenada pela Universidade Federal de Alagoas e contou em 2019 com a participação direta de 11 instituições do Brasil e uma da Espanha. Por ser uma segunda experiência, o aumento do número de pesquisadores participando indiretamente das atividades de educação ambiental também aumentou. Estas atividades abrangeram desde a parte demonstrativa de instrumentos e equipamentos usados na pesquisa científica para determinação dos bioindicadores ambientais para monitoramento do rio até os procedimentos para levantamentos das condições hidroambientais dos diferentes pontos de parada da Expedição.

A educação ambiental na 2ª Expedição foi feita de maneira transversal e inclusiva, onde todos os pesquisadores puderam colaborar de alguma forma. Além das visitas às escolas, as ações ambientais também foram desenvolvidas transversalmente e indiretamente nas comunidades ribeirinhas e colônias de pescadores, por outros pesquisadores, através de entrevistas e abordagens sobre os problemas ambientais existentes.

Durante as visitas às escolas, vários dos aspectos relacionados aos problemas ambientais existente no dia-a-dia das comunidades ribeirinhas foram abordados de maneira lúdica com crianças das séries iniciais. Inicialmente foi apresentado um vídeo sobre o Baixo São Francisco, com cerca de oito minutos, cedido pela Rede Globo / TV

Gazeta, e que foi tema de um Globo Repórter. Os trechos apresentados trataram dos problemas ambientais que mais têm impactado as populações ribeirinhas do baixo São Francisco. Após a apresentação do vídeo, iniciou-se uma conversa com alunos e professores, onde o foco foi conhecer um pouco da história das escolas e da sua intervenção sobre o tema educação ambiental, no âmbito local.

Para complementar a ação no contexto da educação ambiental, focado na questão do assoreamento e da importância das matas ciliares, em cada escola foi realizado o plantio simbólico de mudas de plantas nativas da Caatinga, contando com a participação direta dos alunos. Nesta ação, também foi usada a tecnologia do hidrogel, que consiste de um polímero hidrorretentor que retém até 400 vezes seu peso ou volume inicial. Todo material foi preparado com a participação direta dos alunos e professores. Em seguida da adubação com matéria orgânica (esterco bovino) misturada ao solo e adição de hidrogel constituído, os alunos realizaram o plantio das mudas.

De forma geral, as visitas às escolas das comunidades ribeirinhas permitiram uma grande integração expedição-comunidades. Esta integração resultou em maior conhecimento da realidade local, bem como ver quais os níveis de abordagens sobre os problemas ambientais enfrentados pelas comunidades, em relação ao rio. Além disso, foi possível conhecer quais recursos estão disponíveis e a forma como são utilizados para melhorar o nível de conscientização dos ribeirinhos para superar os problemas de degradação do rio.

Após as palestras e a realização dos plantios das mudas das espécies nativas, as escolas foram convidadas para uma visita com seus alunos ao barco da expedição. E esta foi também a oportunidade para todos pudessem conhecer toda a infraestrutura de pesquisa utilizada pelos pesquisadores nas atividades científicas da Expedição, bem como a Exposição fotográfica sobre os animais da fauna alagoana, ameaçados de extinção.

### ***Quais os motivos da Exposição Fotográfica durante a 2ª Expedição?***

***A Exposição Fotográfica denominada de “Olhares Ambientais: Conhecer para preservar e defender” foi uma ação e iniciativa de educação ambiental, resultante da***

*parceria entre o CRad/UFAL e o Grupo Passarinheiro de Alagoas. Consistiu de uma seleção de imagens, gentilmente cedidas por 15 fotógrafos e amantes da natureza, e todos integrantes do grupo “Passarinheiros de Alagoas”.*

*Todas as imagens expostas na Expedição foram de animais da fauna terrestre e aquática de Alagoas e que estão criticamente ameaçados de extinção. Atualmente, na natureza, muito destes animais são encontrados somente em poucas áreas de refúgios particulares ou reservas ambientais, onde há preservação de áreas com vegetação nativa, nascentes e proteção ambiental permanente.*

*Desta forma, o objetivo maior da exposição foi levar ao público visitante, um pouco de informações sobre os animais da nossa fauna que estão correndo sérios riscos de desaparecerem dos ambientes naturais, sem que mesmo sejam conhecidos da sua existência. Despertar a consciência ambiental e mostrar a importância de se manter os ambientes naturais preservados e protegidos é um passo importante na formação humana e uma contribuição inestimável para a construção de uma sociedade mais equilibrada, justa e ambientalmente responsável.*

*Esta foi a forma encontrada para despertar a participação e o engajamento de mais pessoas na missão de preservação ambiental. Que cada um possa fazer a sua parte, como defensor e amante da natureza, deixando despertar em cada um, o espírito daqueles que defendem e querem um mundo melhor!*

*Equipe Organizadora e Apoiadores*

A exposição resultante da parceria do CRad/UFAL e Grupo Passarinheiro de Alagoas, contou com patrocínio das empresas Triunfo Pedras e Unimed Metropolitana, ambas de Arapiraca. Todo material produzido servirá para outras exposições futuras, para que também possam dar a oportunidade de mais pessoas conhecerem um pouco mais sobre os animais da fauna alagoana que estão ameaçados de extinção (Figuras 3a e b).

Durante todo o processo de visitação, os pesquisadores se fizeram presentes para demonstrar e explicar o funcionamento dos equipamentos e, em alguns casos como microscópio e rover subaquático, os alunos também fizeram uso dos mesmos. Todo visitante que esteve no barco da Expedição, assinou o livro de presença e recebeu um folder sobre a Exposição fotográfica, “*Olhares Ambientais: Conhecer para preservar e defender!*”. Os alunos das escolas visitadas e outras convidadas, assim como as crianças das comunidades ribeirinhas, também receberam além do folder, um lápis com borracha ou caneta, um bloquinho de anotações com tema da exposição e confetes, pirulitos ou pipocas.



Figura 3a - Imagens das capas do folder sobre a Exposição fotográfica que ocorreu durante a Expedição Científica de 2019 e que foi distribuído com a população ribeirinha.



Figura 3b - Imagens dos animais da fauna alagoana presentes no folder sobre a Exposição fotográfica que ocorreu durante a Expedição Científica de 2019 e que foi visitada pela população ribeirinha.

### 3 – Problemas abordados e que devem ser superados com a Educação Ambiental

A realidade das comunidades ribeirinhas do Baixo São Francisco requer uma atenção diferenciada pelos órgãos governamentais uma vez que, mesmo dispondo do recurso básico mais importante, a água, estas comunidades continuam a viver em um estado de pobreza extrema 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, causado por diversos fatores inerentes ao sistema educacional brasileiro, em todo o território Nacional (Silva et al., 2020)<sup>23</sup>.

Dentre os pontos identificados como sérios limitantes do desenvolvimento sustentável, estão à qualidade do ensino nas escolas ribeirinhas, principalmente nas

<sup>23</sup> SILVA, J.V.; VIEIRA, J.S.; RIAL, E. Matas Ciliares, Assoreamento e Educação Ambiental no Baixo São Francisco. 1ª Expedição Científica do Baixo São Francisco. Universidade Federal de Alagoas. Abril 2020. Relatório Técnico – 2018. DOI: [10.13140/RG.2.2.16792.75522](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16792.75522).

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 premente a necessidade da inserção destas escolas no contexto de desenvolvimento tecnológico 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.

É possível também constatar em todas as escolas visitadas, de acordo com a disponibilidade de recursos, o empenho e doação de todos os professores, diretores e demais colaboradores das escolas em promover o melhor ensino possível. São comunidades carentes de informações e suporte educacional, mas que têm em todo seu povo, o compromisso e o desejo de aprender e vencer pelo o conhecimento.

Certamente que a melhoria do ensino destas escolas ribeirinhas não passa somente pela ajuda com recursos financeiros que possam fomentar a aquisição de recursos de informática e audiovisuais. Mas fundamentalmente pela inserção das mesmas no mundo globalizado das informações com suas técnicas e ferramentas educacionais. Viabilizar a aquisição de materiais didáticos, de informática e 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.

Tais materiais poderiam ser as ferramentas necessárias neste momento para atender as demandas de um público estudantil infantil e juvenil, das séries iniciais e do ensino primário, das escolas ribeirinhas do Baixo São Francisco e melhorar a qualidade do ensino e, conseqüentemente, da educação ambiental.

#### **4 – Questões que contribuem diretamente para a educação ambiental, mas que são de competência direta dos poderes públicos constituídos.**

Com a 2ª Expedição, nas conversas com os professores e diretores das escolas, 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. Sem esta iniciativa dos poderes constituídos, torna-se difícil a conscientização da população e das comunidades ribeirinhas, que são usuárias

diretas das águas e dos serviços ambientais oferecidos pelo o Velho Chico. Reforçamos que é preciso mais do que simplesmente fazer a identificação dos problemas, mas trabalhar de maneira propositiva e efetiva e contribuir para a adoção de soluções e ações mitigadoras de preservação e recuperação do rio.

Outro ponto que pesa em muito para a ineficiência ou menor alcance das ações de educação ambiental, é a questão da falta de saneamento básico para a quase totalidade dos municípios da bacia do Velho Chico. Nas escolas, os alunos sabem da importância do tratamento dos esgotos e da coleta de lixo, porém não conseguem associar seu lixo e seu esgoto com os problemas de poluição do rio. Há necessidade urgente de elaboração de planos completos locais, no que diz respeito ao tratamento de esgotos, água potável e resíduos sólidos e mostrar a importância de envolver a população na sua execução. Os esgotos são lançados diretamente no rio, sem nenhum tratamento ou anteparo para redução da carga de poluentes de origem antrópica ou orgânica. De maneira geral, a totalidade dos municípios ribeirinhos do Baixo São Francisco apresentam enormes dificuldades financeiras para estabelecer uma política local de tratamento de resíduos sólidos. Neste contexto, as prefeituras se limitam a fazer a coleta e o transporte dos resíduos sólidos para aterros sanitários, como o de Craíbas, em Alagoas.

Na abordagem dos temas nas escolas, foi perguntado sobre a realização de eventos promovidos por órgãos públicos com alguma temática ambiental e, simplesmente, na grande maioria não foi lembrado de um sequer, com raras exceções. Como política pública, é perceptível a necessidade urgente do desenvolvimento de política educacional voltada para a realidade local com ampla matriz ambiental, tanto sustentável quanto responsável. É preciso focar no envolvimento das escolas das comunidades e cidades ribeirinhas, principalmente no ensino fundamental. Ressaltando-se assim, de maneira incisiva que a efetividade destes programas de educação ambiental depende da constância de execução e que seja encarado como estratégica para formação básica da população, com participação e envolvimento efetivo também das famílias ribeirinhas.

Outro tema abordado nas palestras das escolas foi com respeito às espécies de peixes conhecidas pelos alunos na sua região. Infelizmente, no compilo geral, não citaram mais do que cinco espécies. Há registros de atividades oficiais esporádicas de peixamento no rio, porém estas ações estão muito aquém do mínimo necessário para que se permita recompor a fauna piscosa do rio, bem como seu equilíbrio ambiental. Com o agravamento do assoreamento e redução da vazão do rio nos últimos anos, tem aumentado os problemas ambientais e, conseqüentemente, reduzido à disponibilidade de

peixes, tanto em número quanto em relação à quantidade de espécies existentes e que povoam o rio. Há espécies consideradas extintas, como o Pirá, que é símbolo do rio. Este problema de redução das espécies de peixes também tem sido agravado pela falta de trabalho de educação ambiental e conscientização das colônias de pescadores, no que diz respeito ao controle sobre a atividade e intensidade de pesca. Desta forma, é altamente recomendado às autoridades públicas constituídas e aos gestores ambientais das esferas públicas e privadas, que atuam na bacia do São Francisco, que procurem desenvolver ações efetivas para recompor e manter as populações das diferentes espécies de peixes nativos do rio e que estão em extinção gradual.

No contexto todo de integração expedição-escolas, foi possível verificar que há uma dissociação de responsabilidades sobre os problemas ambientais do rio e seus agentes causadores. Este é um ponto que poderá ser trabalhado futuramente para melhorar o nível de conscientização com os alunos e da população ribeirinha em geral, onde eles se sintam parte tanto das causas, como das soluções, também. 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. A percepção é de que a 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. E esta mudança está a cargo da educação ambiental em todas as escalas e esferas da população ribeirinha. É preciso superar esta falta coletiva de compromisso de cada indivíduo, que acaba por fortalecer e agravar ainda mais o processo de degradação das áreas ribeirinhas e do próprio rio.

No que tange ao levantamento e identificação dos problemas de degradação ambiental no baixo São Francisco, um fato preocupante e que precisa mudar é que os crimes ambientais ou mesmo as atividades que levam à degradação ambiental, são encarados como atividades normais e legais e são passíveis de serem repetidas futuramente pelas crianças. De alguma forma, há uma percepção forte da ausência da atuação dos órgãos de fiscalização ambiental, nas esferas municipal, estadual e federal. Dentre os alunos, somente um ou outro do ensino médio já ouviu falar da ocorrência de fiscalizações preventivas, mesmo que em determinados períodos esporádicos do ano. A própria população ribeirinha aponta para a necessidade de reforçar ou fortalecer as FPI (Fiscalizações Preventivas Integradas) e que, se as mesmas tivessem um caráter

permanente, ajudariam a reduzir os problemas ambientais identificados no baixo São Francisco.

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.

### **5 - A percepção dos problemas ambientais pelos jovens ribeirinhos**

Com base nas observações da 1ª Expedição, no ano de 2019 foi priorizado que as visitas fossem realizadas em escolas de ensino infantil e das séries iniciais. Visando uma maior efetividade das ações de educação ambiental, foram visitadas escolas com turmas do ensino infantil, e até o 9º ano do ensino fundamental. Os alunos das escolas do ensino médio foram recebidos somente na visita ao barco. As visitas foram realizadas em ambientes comunitários das escolas, com a reunião de várias turmas para debater sobre as temáticas citadas anteriormente, explicitando as consequências dos problemas decorrentes da degradação do rio sobre na vida das populações ribeirinhas.

As visitas às escolas tiveram como objetivo maior conhecer a realidade local em termos de ensino e do grau de conhecimento e envolvimento dos jovens com os problemas ambientais do rio. Nos questionamentos feitos durante as palestras a alunos e professores das escolas sobre a situação de degradação atual do Rio São Francisco foi possível verificar que conhecem de forma isolada ou superficial os principais problemas de degradação do rio. Quando foi solicitado que analisassem os problemas de assoreamento, desmatamento da mata ciliar e poluição de maneira interligada houve grande dificuldade em fazer a conexão integrada entre os agentes causadores e suas consequências.

Com isso, percebe-se que é urgente se pensar em formas alternativas de educação ambiental que possam instruí-los acerca das possíveis soluções e engajamento de todos. Pensar em atividades que possam ser realizadas tanto de forma individual como coletivamente, para superar tais problemas a curto, médio e longo prazo. Como não existem exemplos, ações em andamento ou modelos implantados, fica difícil estimular

ações efetivas de educação ambiental, com base no exemplo físico local. Assim como também, as possíveis soluções para recuperar ou atenuar a atual degradação da vegetação das matas ciliares e das APPs do rio São Francisco.

Em sua maioria, os alunos não souberam ou quiseram responder a respeito das dificuldades que são enfrentadas atualmente no Baixo São Francisco. Muitos demonstraram não terem ciência dos impactos causados pelo assoreamento, desmatamento, poluição ambiental (antrópica), metais pesados, resíduos de defensivos agrícolas e outros. Os professores afirmaram que o planejamento e o desenvolvimento de atividades educacionais de contexto ambientais voltadas para o conhecimento e solução de tais problemas são poucas ou muito raras de acontecer, tanto no nível das escolas como no contexto comunitário.

Durante as apresentações e nas discussões em cada uma das escolas, foram discutidas soluções e lançadas como desafios para serem desenvolvidos ao longo do ano, junto às comunidades como um todo. Como incentivo da Expedição, foram realizados plantios simbólicos de mudas de espécies nativas (arbóreas) com a participação de alunos e professoras e doado mudas para plantio em outros locais. O intuito é que os alunos e professores abracem a causa e possam transmitir esta ação inicial aos demais membros das comunidades. Outro ponto discutido e solicitado foi para que deem atenção quanto aos cuidados com a produção e tratamento do lixo doméstico produzido, afim de que incentivem o descarte correto do mesmo. Como sugestão, foi levantada a possibilidade se estas ações de conscientização poderiam ser incentivadas nas próprias escolas, através do desenvolvimento de atividades recreativas, como a realização de gincanas ambientais com a participação de pais e alunos.

A percepção geral é de que, tanto os professores e diretores quanto alunos e as comunidades estão ávidos por conhecimentos e de suporte financeiro e técnico para melhorar o contexto de ensino da educação ambiental. Todos estão abertos e propensos a contribuir no planejamento e no desenvolvimento das ações de educação ambiental em seus respectivos locais, assim como também repassar os conhecimentos sobre as ações desenvolvidas.

Após as palestras nas escolas, os alunos foram convidados a visitar o barco da expedição e conhecer as atividades e os trabalhos de pesquisa realizados pelos pesquisadores. No barco, através de uma visita guiada, puderam esclarecer dúvidas e conhecer as linhas de pesquisa trabalhadas na expedição, os equipamentos e os pesquisadores.

## **6 - Dados Gerais das Escolas que visitaram o barco da 2ª Expedição Científica**

No contexto geral, foram 13 escolas que levaram seus alunos para visitar o barco da Expedição, nos oito locais de parada. As informações básicas sobre as nove escolas que foram visitadas em 2019, em cada ponto de parada, além de outras quatro escolas que visitaram o barco. Estas informações consistem da matrícula INEP, séries atendidas, turno(s), número de alunos matriculados, número de professores, número de pessoas de apoio, atual direção e endereço completo.

### **- Cidade: PIRANHAS – AL**

- Escola Centro Municipal de Ensino Professor Ivan Fernandes Lima  
Matrícula INEP: 27230465  
Séries atendidas: 1º ao 5º ano  
Turno(s): Matutino  
Nº de Alunos Matriculados: 241  
Nº de Professores: 09  
Nº de Pessoas de apoio: 04  
Diretora: Rejania Maria de Medeiros Nóbrega  
Endereço: Rua Maravilha, s/n. Bairro Xingó, Vila Alagoas, 57460-000, Piranhas - AL.

### **- Cidade: PÃO DE AÇÚCAR – AL**

- **Unidade Municipal de Ensino Bráulio Cavalcante**  
Matrícula INEP: 27222756  
Séries atendidas: 6º ao 9º ano  
Turno(s): Matutino  
Nº de Alunos Matriculados: 579  
Nº de Professores: 41  
Nº de Pessoas de apoio: 27  
Diretora: Marta Suzana Pereira Melo  
Endereço: Rua Cônego Jason Souto, s/n. 57400-000. Pão de Açúcar. AL.

- **Unidade Municipal de Ensino Ronalço dos Anjos**  
Matrícula INEP: 27006530  
Séries atendidas: Educação infantil ao 5º ano  
Turno(s): Matutino  
Nº de Alunos Matriculados: 194  
Nº de Professores: 20  
Nº de Pessoas de apoio: 25  
Diretora: Graziela Líria Gusmão dos Anjos  
Endereço: Rua Maestro Nozinho s/n. Bairro Cohab. 57400-000. Pão de Açúcar - AL

### **- Cidade: TRAIPIU – AL**

- **Escola Municipal de Educação Básica Francisco Mangabeira**  
 Matrícula INEP: 27021629  
 Séries atendidas: 6º ao 9º ano e EJA II Segmento  
 Turno(s): Matutino / Vespertino  
 Nº de Alunos Matriculados: 328  
 Nº de Professores: 30  
 Nº de Pessoas de apoio: 5  
 Diretora: Rita de Cassia Melo dos Santos  
 Endereço completo: Praça José Palmeira Lima. CEP 57370-000. Traipu – AL.
  
- **Escola Municipal de Educação Básica Agapito Rodrigues de Medeiros**  
 Matrícula INEP: 27022102  
 Séries atendidas: 1º ao 5º ano  
 Turno(s): Matutino / Vespertino / Noturno  
 Nº de Alunos Matriculados: 384  
 Nº de Professores: 26  
 Nº de Pessoas de apoio: 8  
 Diretor: Roberto Silva dos Santos  
 Endereço: Rua Vereador João Cavalcante, s/n. Bairro Centro. 57370-000. Traipu – AL.
  
- **Escola Estadual Professora Maria Avelina do Carmo**  
 Matrícula Inep: 27022200  
 Séries Atendidas: Ensino Médio  
 Turnos: Matutino/Vespertino/Noturno  
 Número de Alunos Matriculados: 749  
 Número de Professores: 17  
 Número de Pessoas de Apoio: 04  
 Diretor Geral: Sandra Cecília Sena da Silva  
 Endereço: Rua Isaac Pereira Neto, 94 – Centro. Traipu-AL, CEP: 57370-000
  
- **Escola Estadual Moreno Brandão**  
 Matrícula Inep: 27021645  
 Anos Atendidos: 6º ao 9º Ano Fundamental  
 Turnos: Matutino e Vespertino  
 Nº de Alunos: 310  
 Nº de Professores: 21  
 Nº de Pessoal de Apoio: 06  
 Diretor: Karlisson Ernande Melo Lima  
 Endereço: Praça José Palmeira Lima, S/Nº. Centro. CEP 57.370-000. Traipu – AL.
  
- **Cidade: PORTO REAL DO COLÉGIO – AL**
  
- **Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof Ernande de Figueiredo Magalhaes**  
 Matrícula INEP: 27045986  
 Séries atendidas: 3º ao 5º ano  
 Turno(s): Matutino  
 Nº de Alunos Matriculados: 133

Nº de Professores: 05  
Nº de Pessoas de apoio: 04  
Diretor: IRENILSON LIMA SANTOS  
Endereço: Rua da Independência, S/N, Bairro Centro. 57290-000. P.R. do Colégio - AL.

**- Cidade: IGREJA NOVA (CHINARÉ) – AL**

- Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva  
Matrícula INEP: 27044904  
Séries atendidas: Educação Infantil; 1º ao 5º ano e EJA  
Turno(s): Matutino, Vespertino e Noturno  
Nº de Alunos Matriculados: 187 (infantil ao 5º ano) e 61 (EJA)  
Nº de Professores: 12  
Nº de Pessoas de apoio: 11  
Diretora: Vânia Santos Menezes  
Endereço: Povoado Chinaré. CEP 57280-000. Igreja Nova - AL

**- Cidade: PENEDO - AL**

**- Escola Municipal de Educação Básica Professor Douglas Apratto Tenório**  
Matrícula INEP: 27045226  
Séries atendidas: 1º ao 5º ano  
Turno(s): Matutino e Vespertino  
Nº de Alunos Matriculados: 175  
Nº de Professores: 13  
Nº de Pessoas de apoio: 12  
Diretor: Marciel Pinheiro Costa  
Endereço: Rua do Fogo, S/N – Bairro Santo Antônio, CEP 57200-000. Penedo – AL.

**- Cidade: PIAÇABUÇU – AL**

**- Grupo Escolar Municipal Messias Calumby**  
Matrícula INEP: 27045927  
Séries atendidas: 1º ao 5º ano  
Turno(s): Matutino e Vespertino  
Nº de Alunos Matriculados: 138  
Nº de Professores: 12  
Nº de Pessoas de apoio: 04  
Diretora: Maria Antônia Vieira André  
Endereço: Rua Antônio Machado Lemos, s/n. CEP 57210-000. Piaçabuçu- AL.

**- Grupo Escolar Municipal Faustino Victor de Araújo**  
Matrícula INEP: 27045919  
Séries atendidas: Educação Infantil / Jardim I E II/ 1º E 2º ano  
Turno(s): Matutino e Vespertino  
Nº de Alunos Matriculados: 310  
Nº de Professores: 23  
Nº de Pessoas de apoio: 10  
Diretora: Marinilde Ferreira Feitosa Bispo

Endereço: Rua Padre Curador, S/N, CEP 57210-000. Piaçabuçu - AL

**- Grupo Escolar Municipal Jose Goncalves**

Matrícula INEP: 27045951

Séries atendidas: 6º ao 9º ano / EJA

Turno(s): Matutino, Vespertino e Noturno

Nº de Alunos Matriculados: 491

Nº de Professores: 32

Nº de Pessoas de apoio: 16

Diretora: Maria da Conceição Albuquerque

Endereço: Rua Padre Curador, S/N, CEP 57210-000. Piaçabuçu – AL

**7 - Registros de algumas atividades desenvolvidas com alunos de Escolas Públicas durante a 2ª Expedição Científica, em 2019.**

**PARTIDA EM PENEDO – AL**

As imagens a seguir constam em ordem cronológica dos dias, desde a partida em Penedo, no dia 18 de novembro, até o último dia da Expedição, em Piaçabuçu e foz.



Equipe da 2ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, na saída oficial de Penedo, AL, em 18 de novembro de 2019.



Embarque de mudas de espécies vegetais nativas da Caatinga e Mata Atlântica para plantio nas ações de educação ambiental durante a 2ª Expedição Científica.

**PIRANHAS – AL**

A recepção na Cidade de Piranhas, no dia 19 de novembro e as atividades de educação ambiental na Escola de Ensino Fundamental, Professor Ivan Fernandes Lima, e a visita dos alunos ao barco. O encantamento das crianças com as descobertas do mundo científico foi a marca deste primeiro dia de trabalho da Expedição com a educação ambiental.



Recepção da 2ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, em Piranhas, AL, no dia 19 de novembro de 2019.

Palestra sobre educação ambiental na escola Municipal de Ensino Fundamental, Professor Ivan Fernandes Lima, em Piranhas, AL.



Ação de educação ambiental com uso de equipamentos científicos com participação de alunos da escola Municipal de Ensino Fundamental, Professor Ivan Fernandes Lima, em Piranhas, AL.



Visita dos alunos da escola Municipal de Ensino Fundamental, Professor Ivan Fernandes Lima, em Piranhas, AL, ao barco da 2ª Expedição Científica.



Uso de óculos de realidade virtual pelos alunos da escola Municipal de Ensino Fundamental, Professor Ivan Fernandes Lima, em Piranhas, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.

Demonstração das análises químicas de água para os alunos das escolas Municipais de Piranhas, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Uso de microscópios pelos alunos da escola Municipal de Ensino Fundamental, Professor Ivan Fernandes Lima, em Piranhas, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.

### POVOADO DE CURRALINHO, POÇO REDONDO – SE

A parada não programada no dia 20 de novembro, para receber os “*pequeninos guerreiros ribeirinhos*” do Povoado de Currealinho (Poço Redondo – SE). Um momento que marcou e contagiou a todos na Expedição, pelo encantamento, emoção, esforço, perseverança e alegria dos alunos em conhecer o mundo científico. A visita destes pequenos foi um alento e mostrou a verdadeira missão da Expedição, que é muito maior do tudo que foi planejado por todos nós.



Crianças de escola de ensino fundamental do povoado Currealinho, distrito de Poço Redondo, SE, aguardando a chegada do barco da 2ª Expedição Científica para visitação.



Acesso de crianças do povoado Currealinho, distrito de Poço Redondo, SE, ao barco da 2ª Expedição Científica para visitação.



Explicação sobre a expedição científica para crianças do povoado Curralinho, distrito de Poço Redondo, SE, durante visitação ao barco da 2ª Expedição Científica.



Ação de educação ambiental para crianç as do povoado Curralinho, distrito de Poço Redondo, SE, durante visitação ao barco da 2ª Expedição Científica.



Uso de óculos de realidade virtual por morador do povoado Curralinho, distrito de Poço Redondo, SE, durante visitação ao barco da 2ª Expedição Científica.



Ação de educação ambiental para crianç as do povoado Curralinho, distrito de Poço Redondo, SE, durante visitação ao barco da 2ª Expedição Científica.



Apresenta o sobre produção e uso de energia solar em pequenas comunidades para crianç as do povoado Curralinho, distrito de Poço Redondo, SE, durante visitação ao barco da 2ª Expedição Científica.



Uso do rover por crianç as do povoado Curralinho, distrito de Poço Redondo, SE, durante visitação ao barco da 2ª Expedição Científica.

## PÃO DE AÇÚCAR – AL

A recepção na Cidade de Pão de Açúcar, no dia 20 de novembro, e desenvolvimento das atividades de educação ambiental com alunos da Escola Municipal de Ensino Fundamental, Ronalço dos Anjos e do Centro Educacional Opção. Visita dos alunos ao barco e o encantamento das crianças com as descobertas do mundo científico.



Equipe da Expedição Científica recebendo a Escola Municipal de Ensino Fundamental, Ronalço dos Anjos, em Pão de Açúcar, AL, para visita ao barco da 2ª Expedição Científica.

Visita dos alunos da escola Municipal de Ensino Primário, Bráulio Cavalcante, em Pão de Açúcar, AL, ao barco da 2ª Expedição Científica.



Observação em lupa estereoscópica de estruturas de tecido de peixes por alunos do Centro Educacional Opção, em Pão de Açúcar, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.

Visita à exposição de fotos de aves alagoanas ameaçadas de extinção por alunos do Centro Educacional Opção, em Pão de Açúcar, AL, no barco da 2ª Expedição Científica.



Contato dos alunos do Centro Educacional Opção, em Pão de Açúcar, AL, com amostras de tecidos de peixes para análise de DNA, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica.

Demonstração para os alunos do Centro Educacional Opção, em Pão de Açúcar, AL, de peixes capturados no rio para análise de DNA, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Conversa do Mestre Jackson Borges com as crianças do Centro Educacional Opção, em Pão de Açúcar, AL, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Acesso de visitantes e alunos ao barco da 2ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, em Pão de Açúcar, AL.

Contato de crianças com o rover quando da visita ao barco da 2ª Expedição Científica.

## TRAIPIÚ – AL

A recepção na Cidade de Pão de Açúcar, no dia 21 de novembro, e desenvolvimento das atividades de educação ambiental com alunos das Escolas Estaduais, Moreno Brandão e Professora Maria Avelina do Carmo, e as Escolas Municipais de Educação Básica Agapito Rodrigues de Medeiros e Francisco Mangabeira. Visita dos alunos ao barco, participação da palestra e o plantio de mudas de espécies nativas da Caatinga às margens do rio.



Totem em homenagem ao Velho Chico, situado no Porto da Areia, em Traipu – AL.



Palestra sobre educação ambiental e os problemas sanitários do rio São Francisco, em Traipu – AL, para alunos das escolas públicas que visitaram o barco da 2ª Expedição Científica.



Palestra sobre educação ambiental e os problemas sanitários do rio São Francisco, em Traipu – AL, para alunos das escolas públicas que visitaram o barco da 2ª Expedição Científica.



Material de educação ambiental distribuído com alunos das escolas públicas de Traipu – AL, durante à visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Acesso de visitantes e alunos ao barco da 2ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, em Traipu, AL.



Uso do rover por jovens de escola pública de Traipu, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Uso de óculos de realidade virtual por alunos de escolas Municipais de Ensino Fundamental, em Traipu, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Uso de microscópios por alunos de escolas Municipais de Ensino Fundamental, em Traipu, AL, durante visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Ação de educação ambiental para plantio de plantas de espécies nativas, às margens do Rio São Francisco, com participação de alunos de escolas Municipais de Ensino Fundamental, em Traipu, AL.



Exposição sobre o uso de hidrogel para plantio de plantas de espécies nativas, às margens do Rio São Francisco, com participação de alunos de escolas Municipais de Ensino Fundamental, em Traipu, AL.



Plantio de plantas de espécies nativas, às margens do Rio São Francisco, com participação de pesquisadores da Expedição Científica e alunos de escolas Municipais de Ensino Fundamental, em Traipu, AL.

### **PORTO REAL DO COLÉGIO – AL**

Atividades do dia 22 de novembro, e desenvolvimento das ações de educação ambiental com alunos escola de ensino fundamental Santa Terezinha, da rede particular, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica. Os alunos participaram do plantio de mudas de espécies nativas da Caatinga às margens do rio.





Visita dos alunos da escola de ensino fundamental Santa Terezinha, da rede particular, ao barco da Expedição. Prestigiaram á exposição de fotos das aves alagoanas ameaçadas de extinção durante a 2ª Expedição Científica, em Porto Real do Colégio, AL.



Alunos da escola de ensino fundamental Santa Terezinha participando da ação de plantio de mudas de espécies nativas. Às margens do São Francisco, durante a 2ª Expedição Científica, em Porto Real do Colégio, AL.

### **POVOADO DO CHINARÉ, EM IGREJA NOVA – AL**

A parada do dia 23 de novembro, em pleno sábado de um sol escaldante, mas todos firmes e fortes para nos receber na Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva, no Povoado do Chinaré. Enaltecer o compromisso, esforço e perseverança das diretoras, alunos e a comunidade em participar das atividades e ações de educação

ambiental promovida pela 2ª Expedição Científica. Mais um momento marcante para todos da Expedição e certamente este será o nosso ponto de parada obrigatório por muitas expedições vindouras no Baixo São Francisco! A visita destes pequenos sempre será um alento para nos lembrar da verdadeira missão e compromisso da Expedição Científica.



Visita de pesquisadores à Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva, no povoado Chinaré.

Palestra sobre educação ambiental realizada na Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva, no povoado Chinaré.



Participação dos alunos da Escola Municipal de Educação Básica General Artur da Costa e Silva no preparo de hidrogel para plantio de mudas de espécies nativas, no povoado Chinaré, em Igreja Nova, AL, durante a 2ª Expedição Científica.



Visita de alunos, pais de alunos e professores da Escola Municipal do povoado Chinaré, em Igreja Nova, ao barco da 2ª Expedição Científica.



Explicação sobre a genética de peixes e captação de energia solar durante a visita de estudantes da Escola Municipal do povoado Chinaré, em Igreja Nova, ao barco da 2ª Expedição Científica.



Primeira vez que alunos e pais de alunos da escola de ensino fundamental tem contato com microscópio e visualiza uma célula animal, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica.





Infraestrutura da sala de aula e da sala de direção de uma escola municipal, no interior de Alagoas, às margens do São Francisco.

### **PENEDO – AL**

Voltando ao ponto de partida, no dia 23 de novembro, em pleno sábado à tarde. Nesta ocasião, a 2ª Expedição Científica recepcionou à Magnífica Reitora da Ufal, Profª Valéria Correia e o representante do MCTIC, Dr Aristides Pavani e equipe. Feitas as honras da casa, foi apresentada toda a infraestrutura de pesquisa científica embarcada e também usada nas atividades de educação ambiental.



Representante do MCTIC, Dr Aristides Pavani, recepcionado pela Magnífica Reitora da Ufal, Profª Valéria Correia, que assinaram o livro de visitas ao barco e depois falaram aos integrantes da 2ª Expedição Científica, em Penedo – AL



O Mestre Jackson Borges, representante do CBHSF, e a Professora Themis Silva, da Coordenação da Expedição, dando as boas vindas ao representante do MCTIC, Dr. Aristides

Pavani, à 2ª Expedição Científica.



Apresentação de tecnologia de energia solar adaptada para uso em pequena escala e do sistema de hidroacústica usado para pesquisa durante a 2ª Expedição Científica.



Ação de educação ambiental realizada no dia 25 de novembro, com palestra / conversa e plantio de mudas de espécies vegetais nativas da região com a participação dos alunos da Escola Municipal Professor Douglas Apratto Tenório, em Penedo, AL. Após a ação na escola, os

alunos foram visitar o barco da 2ª Expedição Científica.

## PIAÇABUÇU – AL

Nosso último ponto de parada com as ações de educação ambiental, no dia 26 de novembro. Esta foi a cidade com o maior número de escolas e de alunos visitando o barco da Expedição. Além da visita à Escola Municipal de Educação Básica, Messias Calumby, para palestra e plantio simbólico de mudas de espécies nativas da região, outras seis (6) escolas também levaram seus alunos para visitar o barco e conhecer a exposição de fotos e todos os trabalhos desenvolvidos na Expedição. Além disso, foram doadas 140 mudas de plantas nativas para a Prefeitura.



Aluna de escola pública de Penedo, exibindo livro que ganhou do MCTIC, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica.



Entrevista de aluna de escola pública para a Rede Globo, durante a visita ao barco da 2ª Expedição Científica, em Piaçabuçu.



Palestra sobre educação ambiental para alunos da Escola Municipal de Educação Básica, Messias Calumby, de Piaçabuçu, AL.



Ação de educação ambiental e plantio de mudas de plantas nativas realizada com alunos da Escola Municipal Messias Calumby.

## 8 - Considerações Finais

Assim como verificado na 1ª Expedição Científica do Baixo São Francisco, em 2018, é possível afirmar, de maneira mais categórica e de forma ainda mais cristalina, que há uma enorme lacuna ou distância de 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, ainda é 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. As poucas ações isoladas realizadas não apresentam conexão clara e efetiva com os problemas enfrentados 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 e o desenvolvimento regional como um todo. Fica a recomendação para que os promotores de desenvolvimento regional possam tratar os atuais problemas ambientais do rio de forma conjunta ou integrada com a educação ambiental. Que possam fomentar fortemente a adoção de ações de proteção ambiental visando o desenvolvimento da região do baixo São Francisco. 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. E para ser ainda mais efetiva, que este planejamento inclua obrigatoriamente a participação das escolas ribeirinhas, com foco principal naquelas das séries iniciais e com crianças de até 10 anos, pois é a geração com maior potencial para absorver, desenvolver e definir o futuro da Educação ambiental na região como ferramenta efetiva de superação ou mitigação dos problemas.

E por fim, na 2ª Expedição Científica, a mobilização total de visitantes ao barco chegou a 1400 pessoas. Na sua grande maioria, este público foi formado por crianças que buscavam conhecer e explorar o mundo científico e suas ferramentas. Por todos os momentos de interação com todos das comunidades ribeirinhas, é perceptível a preocupação dos mesmos com os problemas de degradação ambiental do rio e também reconhecem a importância da educação ambiental como ferramenta principal e forma de superar tais problemas.

## **AGRADECIMENTOS**

Nossos agradecimentos a todos que colaboraram direta e indiretamente para a realização das atividades de educação ambiental relatadas neste documento. Com especial

gratidão a todos os Técnicos da EMATER e sem distinção ou predileção, que não mediram esforços antes e durante a Expedição, para que as visitas e atividades nas Escolas se tornassem realidade e um sucesso imensurável. Literalmente abraçaram a ideia e participaram de corpo e alma! Nossa sincera Gratidão e apreço por todos!!

E gratidão de forma especial, respeito e todo carinho aos nossos ilustres e iluminados professores e diretores das escolas das comunidades ribeirinhas, que gentilmente nos receberam de braços abertos em seus templos do conhecimento e que também nos visitaram e prestigiaram o trabalho desenvolvido por todos da Expedição.

Pelo encantamento, emoção e sensação de missão cumprida que deixaram em todos nós, e representando todos os outros alunos ribeirinhos, agradecer “*aos pequeninos guerreiros*” do Povoado de Curralinho (Poço Redondo – SE) pelo esforço, perseverança e alegria que nos contagiou com suas visitas, numa parada não programada, e também aos alunos do Povoado do Chinaré (Igreja Nova – AL), que em pleno sábado e com um sol de rachar, se fizeram presentes, ativos, alegres e participativos.

Agradecer também aos Prefeitos e Secretários Municipais pela receptividade e generosa acolhida em suas cidades e apoios locais. O nosso muito obrigado e gratidão plena a todos pela grande receptividade que nos proporcionaram durante a 2ª Expedição e, reafirmamos que todos vocês, continuarão a ser a nossa maior força e razão para continuarmos com este trabalho.

---

*“As palavras convencem, mas só o exemplo é que arrasta, inspira e incentiva a adoção de novas posturas”.* (Rosier Alexandre, Alpinista)



## **Relatório de Atividades da EMATER durante a 2ª Expedição científica do São Francisco**

Amanda Graça Gomes Ferreira<sup>1</sup>; Tânia Maria Barbosa Vieira Costa<sup>1</sup>; Naciel da Silva Campos<sup>1</sup>; Cleice Fátima Gonçalves Alves<sup>1</sup>; Rita de Cássia Ferreira Lima<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Funcionário(a)s da EMATER-AL

### **A EMATER E SUAS COMPETÊNCIAS DE ATUAÇÃO**

O Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas – EMATER/AL, Autarquia de regime especial vinculada a Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária, Pesca e Aquicultura (Seagri), foi criado através da Lei 7.291, de 01 de Dezembro de 2011. O Instituto foi criado com o objetivo de realizar pesquisa agropecuária, prestar assistência técnica, geração e adaptação de tecnologias por meio de metodologias educativas e participativas, contribuindo para a promoção do desenvolvimento rural sustentável em todo o Estado.

Além disso, tem o desafio de diminuir a pobreza em Alagoas, desenvolvendo programas e projetos de pesquisa capazes de gerar conhecimento, tecnologias e métodos de gestão da Agricultura Familiar, visando proporcionar ao agricultor familiar melhoria na qualidade de serviços e de vida.

De acordo com o levantamento do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, Alagoas possui atualmente 326 mil pessoas desenvolvendo atividades no meio rural ligadas a Agricultura Familiar, isso quer dizer que 72% da mão de obra ocupada no meio rural são de famílias que tiram seu sustento do campo. Fomentar a Agricultura Familiar, a partir do acompanhamento técnico e a capacitação dos agricultores, é a missão da entidade. Que trabalhará ainda a diversificação da produção e o consumo de alimentos regionais, com base nas especificidades culturais e em práticas alimentares promotoras da saúde, de forma a garantir a segurança alimentar e nutricional das famílias alagoanas.

### **O PAPEL DA EMATER NA EXPEDIÇÃO**

A EMATER participou como entidade parceiro fundamental da 1ª e da 2ª Expedição Científica do Baixo São Francisco na viabilização de toda logística prévia de terra, no que diz respeito aos contatos e à organização das visitas às colônias de pescadores, cooperativas, associações e escolas.

Em cada um dos locais de parada, foi disponibilizada uma equipe de apoio, contando com técnicos locais e suas respectivas gerências, a fim de proporcionar o melhor suporte possível à realização dos trabalhos da Expedição. Com isso, no que diz respeito à 2ª Expedição Científica, em 2019, a EMATER, como Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Alagoas, participou com sua Equipe Técnica, constituída de 18 pessoas, conforme a seguir:

#### **- Pão de Açúcar;**

- Wellington Guimarães Rodrigues – Eng. Agrônomo
- Alberto Carlos de Aguiar Antunes - Eng. Agrônomo
- Petrônio Azevedo de Melo – Zootecnista
- Amanda Graça Gomes Ferreira – Zootecnista – Supervisora Técnica Médio Sertão
- Hully Monaisy Alencar Lima - Eng. Agrônomo

#### **- Piranhas**

- Tânia Maria Barbosa Vieira Costa - Supervisora Regional

- Tanihely Barbosa Vieira Costa - Assistente Social
- José Luciano Ilário - Técnico em Agropecuária
- Antônio Fernandes Araújo - Técnico em Agropecuária
- Araken Rodrigues Gonzaga - Zootecnista
- Dinayze Anita Santos de Almeida - Zootecnista

**- Traipu;**

- Naciel da Silva Campos - Eng. Agrônomo
- Lucas Palmeira Medeiros - Eng. Agrônomo

**- Regional Baixo São Francisco;**

- Aldo José Alves Toledo - Supervisor Regional
- Cleice Fátima Gonçalves Alves - Eng. Agrônoma
- William Antônio Raposo Rodrigues - Eng. Agrônomo
- Wilton da Silva Santos - Eng. Agrônomo
- Flavio Jodeklan Costa Antonio Silva - Técnico em Agropecuária

**ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELAS EMATER NO CONTEXTO DA EXPEDIÇÃO**

**- Cidades visitadas e com atividades desenvolvidas:** Piranhas, Pão de Açúcar, Traipú, Porto Real do Colégio, Igreja Nova (Chinaré), Penedo e Piaçabuçu, todas no Estado de Alagoas.

**1. PIRANHAS - AL**

**Escolas ou Colégios Visitados:**

- **Escola Centro Municipal de Ensino Professor Ivan Fernandes Lima**

Nesta ação esteve envolvida uma turma de 56 alunos e 05 professores/coordenadores, que visitaram a embarcação (Figura 1A). Na escola foram plantadas as mudas de plantas nativas da Caatinga e também os alunos participaram de uma palestra sobre educação ambiental e Conscientização pela preservação do Rio São Francisco (Figura 1B; Figura 1C; Figura 1D).

**Comunidades / Assentamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Cooperativa dos Produtores de Mel, Insumos e Produtos da Agricultura Familiar – COOPEAPIS no distrito de Piau, município de Piranhas (Figura 1E);
- Assentamento Gastone, na zona rural de Olho D'água do Casado (Figura 1F);
- Colônia de Pescadores de Piranhas.

Nas localidades citadas a cima foi desenvolvida atividades de entrevistas e preenchimento de questionário. Onde ocorreu a entrevista com 02 apicultores, 10 assentados criadores de abelhas e 10 pescadores artesanais.

**Figura 1.** Ações ocorridas na cidade de Piranhas, no estado de Alagoas: visita dos alunos à embarcação (A); palestra sobre educação ambiental na Escola Ivan Fernandes (B); preparo do hidrogel (C); plantio de mudas nativas na Escola Ivan Fernandes (D); visita à Coopeapís (E); visita ao assentamento Gastone (F).



## 2. PÃO DE AÇÚCAR – AL

**Escolas ou Colégios Visitados:**

- Unidade Municipal de Ensino Bráulio Cavalcante (42 alunos);
- Centro Educacional Opção (23 alunos);
- Unidade Municipal de Ensino Ronaldo dos Anjos (32 alunos).

Na oportunidade, as escolas visitaram a embarcação para apresentação das pesquisas que estavam sendo feitas (Figura 2A; 2B). Nas dependências das escolas, foram desenvolvidas atividades no âmbito ambiental, trabalhando a consciência ecológica das crianças e adolescentes de escolas públicas e particulares da cidade. O professor Dr. José Vieira apresentou o Hidrogel, bem como, a forma de preparo dele, e então foram plantadas, com o auxílio das crianças e professores, vinte árvores de espécies nativas utilizando o hidrogel, na Unidade Municipal de Ensino Bráulio Cavalcante e no Centro Educacional Opção (Figura 2C; 2D; 2E).

**Comunidades / Assentamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Povoado Jacarezinho (6 PESCADORES);
- Colônia de Pescadores; (6 PESCADORES);
- Grupo dos Produtores Orgânicos; (5 AGRICULTORES).

Foi feito um trabalho de logística com os professores e pesquisadores até as comunidades. Alguns se direcionaram a Colônia de pescadores, e ao povoado Jacarezinho, onde foram realizadas as entrevistas. Enquanto, outros pesquisadores faziam uma visita aos produtores orgânicos da região (Figura 2F; 2G; 2H).

**Figura 2.** Ações ocorridas na cidade de Pão de Açúcar, no estado de Alagoas: visita dos alunos à embarcação (A e B); palestra sobre educação ambiental (C); explanação sobre o preparo do hidrogel (D); plantio de mudas nativas (E); visita à colônia de pescadores e povoado Jacarezinho (F e G); entrevista com produtores orgânicos (H).



### **3. TRAIPU – AL**

Em Traipu, a EMATER contou com o apoio direto para mobilização e organização da logística de terra da seguinte equipe da administração local:

- Silvino Bezerra Cavalcante (Prefeito);
- Fabiana Priscilla de Oliveira Palmeira (Secretária de Agricultura);
- Jacira Machado Lima e Educação (Secretária de Meio Ambiente);
- Jaqueline de Matos Mota (Secretária de Educação);
- Sueli Galvão (Secretária de Cultura, Turismo, Igualdade Racial e Gênero).

#### **Escolas ou Colégios Visitados:**

Escolas da rede Municipal que participaram do evento com a palestra do professor Vieira e com a visita ao barco:

- Escola Municipal de Educação Básica Francisco Mangabeira;
- Escola Municipal de Educação Básica Agapito Rodrigues de Medeiros.
- Escola Estadual Professora Maria Avelina do Carmo;
- Escola Estadual Moreno Brandão.

Na oportunidade, foram desenvolvidas atividades no âmbito ambiental, trabalhando a consciência ecológica das crianças e adolescentes de escolas públicas da cidade, foram plantadas 20 (vinte) árvores às margens do rio São Francisco e visita ao barco.

#### **Comunidades / Assentamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Colônia de pescadores Z18;

Na oportunidade a professora Maristela fez contato com a colônia de pescadores Z18 Traipu/AL, presidida pelo senhor Luciano Silva Galvão e aplicou um questionário, com a finalidade de coletar informações socioeconômicas dos pescadores presentes no evento e que foram visitar o barco.

- Comunidade Vila Santo Antônio.

Na comunidade Vila Santo Antônio, foram visitadas quatro unidades familiares produtivas (UFPs), na ocasião foi aplicado um formulário junto aos agricultores, com o intuito de coletar informações socioeconômicas dos beneficiários do Programa de Inclusão Produtiva/Fomento.

Na ocasião, foram desenvolvidas atividades em campo com um público que vive em vulnerabilidade social e receberam um fomento de 2400 reais em duas parcelas, iniciando suas atividades em maio de 2017. Os agricultores que receberam esse fomento trabalham com projetos de avicultura dupla aptidão, ovinocultura e suinocultura. Quatro unidades familiares produtivas (UFPs) foram visitadas no período da manhã e à tarde.

**Comentário do técnico – Naciel da Silva Campos:**

“A II Expedição do Rio São Francisco nos deixou com a sensação de que devemos fazer mais pelo nosso Rio e por todos os povos que dependem direta ou indiretamente dessas águas para sua sobrevivência. Remeteu-nos a questão de que somos protagonistas de nossa história e que temos que fazer um final diferente do que está no desenho. Trabalhar a consciência ambiental dos povos ribeirinhos e de quaisquer outros povos que utilizem essas águas – seja para consumo, pesca, hidrovia, irrigação, etc., - que esse uso seja feito de maneira sustentável e com maior eficiência. Em relação a potencialidade e visualizando o desenvolvimento rural das propriedades ribeirinhas e com raio de até 15km do Rio, seria interessante a intervenção e participação de maiores incentivos governamentais e políticas públicas que beneficiem os agricultores com equipamentos e outorga do uso da água, e assistência técnica mais presente e continuada, garantindo segurança alimentar das comunidades e povos tradicionais ribeirinhos em cultivos mais contínuos e mais produtivos.”

**Figura 3.** Ações ocorridas na cidade de Pão de Açúcar, no estado de Alagoas: entrevistas com agricultores da região (A e B); recepção da Expedição do São Francisco no município (C);



#### **4. PORTO REAL DO COLÉGIO – AL**

##### **Escolas ou Colégios Visitados:**

- Escola Santa Terezinha - participação de 04 professores, e cerca de 30 alunos, alguns acompanhados dos pais, para visita ao barco.

Neste momento, os alunos e professores da Escola conheceram o barco da expedição, bem como, as pesquisas que estavam sendo feitas ali. Posterior a isto, foi realizado o transplante de 20 mudas às margens do Rio São Francisco, com o auxílio das crianças e professores da escola (Figura 4A a 4D). E ainda, as crianças participaram do preparo do Hidrogel, para utilização no plantio das mudas. A Emater também

disponibilizou algumas mudas de espécies nativas para plantio da região do Baixo São Francisco (Figura 4E).

**Comunidades / Assesntamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Povoado Carnaíbas

No Perímetro irrigado Itiúba, foram entrevistados 14 agricultores e mais 02 pescadores (dentro do barco) que residem às margens do Rio São Francisco, que relataram sua realidade. Alguns deles eram, em sua maioria, produtores de arroz, que é uma cultura muito forte no município. Outros eram produtores de leite ou gado de corte (Figura 4F a 4H).

Duas crianças que moram na comunidade no entorno do Porto das Balsas, chamaram a atenção pela curiosidade sobre o barco, e com isso auxiliaram os técnicos da Emater na realização das covas para o plantio. Sendo assim, diante da empolgação das crianças, as mesmas foram convidadas a conhecer o barco da Expedição, enriquecendo seus conhecimentos com todas as informações adquiridas ali, assim como, plantar uma muda de árvore nativa. (Figura 5).

**Figura 4.** Ações ocorridas na cidade de Porto Real do Colégio, em Alagoas: visitação do barco com os alunos e professores (A e B); preparo e aplica o do hidrogel (C); plantio de mudas de espécies nativas com as crianças da escola Santa Terezinha (D); entrega de mudas pelos técnicos da EMATER (E); entrevistas com os agricultores da região (F, G, H).



**Figura 5.** Crianças ribeirinhas visitando o barco da expedição, conhecendo as pesquisas e equipamentos, e realizando o plantio da muda de espécie nativa.



## **5. IGREJA NOVA (CHINARÉ) – AL**

### **Escolas ou Colégios Visitados:**

- Escola Municipal de Ed. Básica, General Artur da Costa e Silva

Nesta escola, participaram da ação 16 funcionários e 40 crianças, além da presença de alguns pais, que ficaram curiosos com a chegada do barco. Sendo assim, todos foram convidados a visitar o barco (Figura 6A, 6B). Contando também com a presença de alguns ribeirinhos que aguardavam nas margens do rio.

Ainda na escola, os pais, alunos e professores, assistiram a palestra do prof. Dr. José Vieira, que se deu de forma dinâmica e participativa conversando sobre Educação Ambiental e ainda, preparou Hidrogel com as crianças para posterior plantio pelas

mesmas de 10 mudas de espécies nativas ao lado da escola (Figura 6C a 6E). Além de outras mudas que foram disponibilizadas para serem transplantadas na extensão da escola, localizada no povoado vizinho, Cajueiro Novo. Após esse momento, as crianças conheceram as pesquisas realizadas dentro do barco, além da exposição de fotos.

**Comunidades / Assentamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Associação dos Moradores e Pequenos Produtores do Povoado Cajueiro Novo (ASMOCAN)

Foram entrevistados 13 agricultores no povoado vizinho Cajueiro Novo, estes agricultores tem grande potencial na policultura, principalmente com a cultura da banana (Figura 6F).

**Figura 6.** Ações ocorridas no povoado Chinaré, na cidade de Igreja Nova, Alagoas: visitação do barco com os alunos e professores (A e B); palestra sobre educação ambiental na Escola General Artur da Costa e Silva (C); preparo e aplicação do hidrogel (D); plantio de mudas de espécies nativas com as crianç as da escola Santa Terezinha (E); entrevistas com os agricultores do povoado vizinho, Cajueiro Novo (F).



## 6. PENEDO - AL

Escolas ou Colégios Visitados:

- Escola Municipal de Educação Básica Irmã Jolenta

Esta escola, que fica próximo às margens do Rio São Francisco, contou com a participação de 04 professores e 60 crianças, do 4º e 5º ano, que solicitaram a visita ao barco (Figura 7A, 7B). E assim, os alunos tiveram contato com toda a pesquisa realizada pelos integrantes da expedição, bem como, foi enfatizada a necessidade de preservação do rio e da biodiversidade que existe nele.

- Escola Municipal de Educação Básica Professor Douglas Apratto Tenorio

Participaram da ação 10 professoras do 2º ao 5º ano, com cerca de 60 crianças, as quais assistiram empolgadas a palestra do professor Dr. José Vieira, que interagiu com as crianças mantendo o foco na Educação Ambiental, conscientizando as crianças sobre a importância da preservação do Rio São Francisco (Figura 7C). Além disso, as crianças participaram do preparo do Hidrogel, para utilização no plantio das 10 mudas no estabelecimento que contou com o auxílio dos técnicos da Emater, bem como, os professores da escola (Figura 7D).

#### **Comunidades / Assentamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Colônia de Pescadores Z-12 –

A Colônia fica localizada no Bairro Santo Antônio, que fica às margens do Rio São Francisco, sendo o bairro mais antigo da cidade de Penedo. No dia da entrevista, ocorria o cadastro dos pescadores na Colônia, sendo então realizadas entrevistas com 10 pescadores, além de alguns depoimentos dos mais antigos da região, que fizeram uma comparação com a atividade pesqueira antigamente e as condições do pescado atualmente, inclusive sobre a diversidade de espécies que eram encontradas antes (Figura 7E, 7F).

**Figura 7.** Ações ocorridas na cidade de Penedo, Alagoas: visitação do barco com os alunos e professores da Escola Municipal de Ed. Bas. Irm a Jolenta (A e B); palestra sobre educa o ambiental na Escola Professor Douglas Apratto Tenorio (C); preparo e aplica o do hidrogel e plantio de mudas de espécies nativas (D); entrevistas com os pescadores na Colônia Z-12 (E e F).



## 7. PIAÇABUÇU – AL

### **Escolas ou Colégios Visitados:**

- Escola Estadual Correia Titara;
- Grupo Escolar Municipal Faustino Victor de Araújo;
- Grupo Escolar Municipal Jose Goncalves

Na oportunidade o professor Dr. José Vieira realizou uma palestra dinâmica e participativa para alunos e professores, que, também, visitaram o barco da Expedição (Figura 8A a 8C). Após a palestra sobre educação ambiental, as crianças e professores realizaram o plantio de mudas de espécies nativas, momento em que foi exemplificado a importância das árvores na redução da temperatura no local. Com isso, foi ressaltada a responsabilidade ambiental que a cada um de nós devemos ter, além de tornar o aprendizado das crianças algo dinâmico e divertido. Ainda foram deixadas algumas mudas de árvores nativas que seriam plantas em diversos locais da cidade, reduzindo as altas temperaturas.

### **Comunidades / Assentamentos / Cooperativas / Associações visitadas:**

- Associação Aroeira

Foram entrevistados alguns associados, o que ocorreu com a presença da presidente da associação, Rita Ferreira. Na oportunidade, Rita apresentou os produtos da Associação, bem como, explicou sobre história da mesma, e como conseguiram crescer com a produção de bolos, doces, pimentas, feitos na Associação. Com isso, o professor Rafael Navas e seus orientandos gravaram entrevistas sobre a história de Rita e seu esposo a frente da Associação Aroeira (Figura 8D a 8F).

### **Comentário da técnica Cleice Fátima Gonçalves Alves:**

A situação atual do nosso rio São Francisco necessita de ações voltadas a sua sobrevivência, que promovam a conscientização dos ribeirinhos quanto ao uso adequado da água para os mais diversos fins. Para isso, analisar o rio dentro do contexto das comunidades ribeirinhas é fundamental.

Sendo assim, a EMATER, com a missão de promover o desenvolvimento rural sustentável no estado, colaborou com o estreitamento de laços entre os agricultores, pescadores e crianças ribeirinhas e os pesquisadores da II Expedição Científica do Rio São Francisco. Através desse contato, promovido por nossos técnicos, foi possível entender a realidade socioeconômica dos pescadores e agricultores que utilizam a água

do Velho Chico, e principalmente, conhecer práticas que interferem na qualidade da água, e impactam diretamente na biodiversidade do rio.

Diante do entendimento das práticas adotadas por agricultores e pescadores surge a necessidade de arquitetar soluções que reduzam os impactos dessas atividades agrícolas no Rio São Francisco, as quais, em momento posterior, devem ser repassadas às comunidades.

Frente à isso, a sensibilização e conscientização de crianças ribeirinhas quanto à necessidade de preservação e plantio de árvores nativas estreita a relação destas com a natureza, promovendo maior responsabilidade ambiental, destacando a importância da arborização para a redução da temperatura, proteção do solo contra a erosão, e ainda, uma ampliação na biodiversidade.

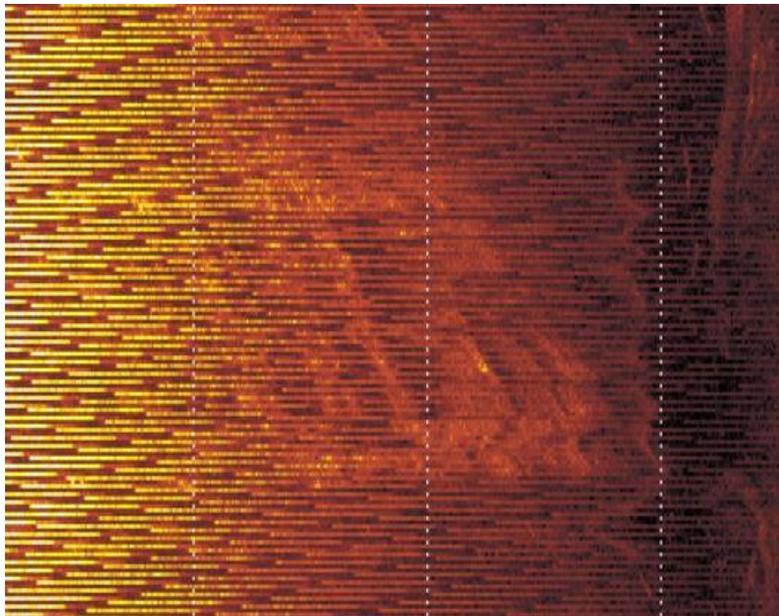
Por isso, nos sentimos honrados de fazer parte de mais uma expedição e deixamos nosso desejo de um Velho Chico com riqueza de biodiversidade, saudável, estando cientes que cada um de nós devemos fazer nosso papel.

**Figura 8.** Ações ocorridas na cidade de Piaçabuçu, Alagoas: visitação do barco com os alunos e professores (A); palestra sobre educação ambiental (B e C); visita a Associação Aroeira (D e E); apresentação dos produtos da Associação Aroeira (F).



# PARTE IV

## TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO



*\*Imagens sidescan do que parece ser o naufrágio do Moxotó (1917)*



## **Condições Meteorológicas, Temperatura da Água e Energia Fotovoltaica na II Expedição Científica do Baixo São Francisco**

Ricardo Araujo Ferreira Junior<sup>1</sup>, Igor Cavalcante Torres<sup>2</sup>, Allwert Henrique Leão de Argôlo Militão<sup>3</sup>, Daniel Lucas Henrique de Macedo<sup>3</sup>, José Sales dos Santos Netto<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Professor da Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia;*

*<sup>2</sup>Professor da Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos;*

*<sup>3</sup>Graduando da Universidade Federal de Alagoas, Curso de Engenharia de Energia, Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos.*

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo analisar, durante a II Expedição Científica do Baixo São Francisco, importantes variáveis ambientais, tais como: temperatura do ar, velocidade do vento, temperatura da água e densidade de fluxo de radiação solar, juntamente com a medição das variáveis elétricas de pequeno arranjo fotovoltaico. Uma vez que essas mesmas variáveis impactam de maneira direta, tanto no meio ambiental quanto no meio social. O uso de painéis fotovoltaicos para captação e conversão do recurso solar em eletricidade é uma realidade em grandes centros urbanos de todo o mundo. Neste contexto, é imprescindível o uso desta tecnologia como um elemento que agregue valor social e econômico na região rural e ribeirinha. É importante que um sistema fotovoltaico seja avaliado através do monitoramento dos dados operacionais, tais como: densidade de fluxo de radiação solar, temperatura de operação, potência e corrente elétrica (Reges, 2017). Este trabalho finaliza com apresentação dos resultados aferidos a partir de um protótipo de baixo custo, desenvolvido no Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos da Universidade Federal de Alagoas. Com as análises que foram

feitas, obtivemos resultados que viabilizam a exploração dos recursos provenientes do Sol, até então pouco difundida na região.

## **INTRODUÇÃO**

A caracterização das condições meteorológicas de um ambiente é sempre importante, pois a maioria dos processos naturais (biológicos, químicos, físicos e até sociais) é influenciado por pelo menos um elemento meteorológico. Por exemplo, a radiação solar que incide na superfície é a força motriz que aporta 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 utilizada tanto na forma passiva (aproveitamento para iluminação natural) quanto ativa (aquecimento e eletricidade). Nas pesquisas de saúde 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.

Na região do Baixo São Francisco predomina o clima semiárido, no qual a demanda de água de irrigação é fundamental para a segurança alimentar e geração de renda dos agricultores rurais (PBMC, 2012). Nesse cenário, a radiação solar pode ser aproveitada em sistemas fotovoltaicos, gerando eletricidade para os motobombas dos sistemas de irrigação.

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 cultivos agrícolas, etc.

Em superfícies aquáticas, dentre os diversos elementos meteorológicos, a radiação solar também é o que apresenta maior importância, sendo o responsável pela distribuição de calor na massa de água, participando também dos processos de evaporação e no processo de estratificação térmica (Ferreira et al., 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 de vazão, ou processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes.

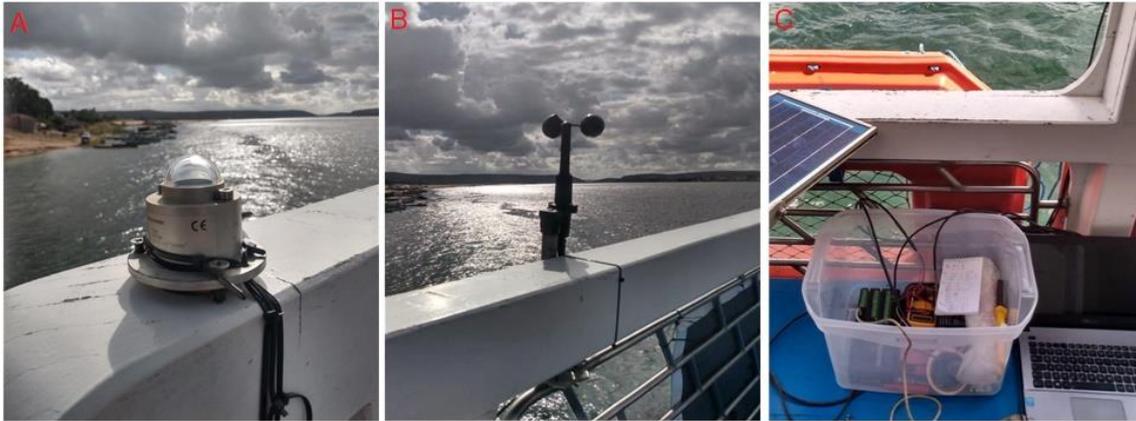
Este estudo teve por objetivo, durante a II Expedição Científica, monitorar e analisar as variáveis meteorológicas e a temperatura da água do Baixo São Francisco e monitorar variáveis elétricas de pequeno arranjo fotovoltaico através de um protótipo de baixo custo.

## **METODOLOGIA**

As variáveis meteorológicas observadas na II Expedição Científica do Rio São Francisco foram a radiação solar, velocidade do vento e a temperatura do ar. Também foi monitorada a temperatura da água do rio. Todas as medidas ambientais foram realizadas com sensores automáticos que estamos conectados a um sistema de aquisição de dados (*Datalogger, Campbell Scientific*) e programados para realizar medidas a cada 10 segundos e armazenadas médias a cada um (1) minuto.

As observações da radiação solar (Figura 1A) foram feitas através de um piranômetro (modelo CM3, Kipp & Zonen) o qual foi previamente calibrado por um piranômetro de segunda classe especificado pelo ISO 9060 (modelo CMP 21, Kipp & Zonen). A radiação solar está apresentada ao longo da expedição como densidade de fluxo de energia (irradiância solar global, Watt por metro quadrado –  $W m^{-2}$  ou  $J s^{-1} m^{-2}$ ) com médias de um em um minuto, e com esses valores integrados a cada hora (irradiação solar global horária e diária (Hg, Watt-hora por metro quadrado –  $Wh m^{-2}$ ).

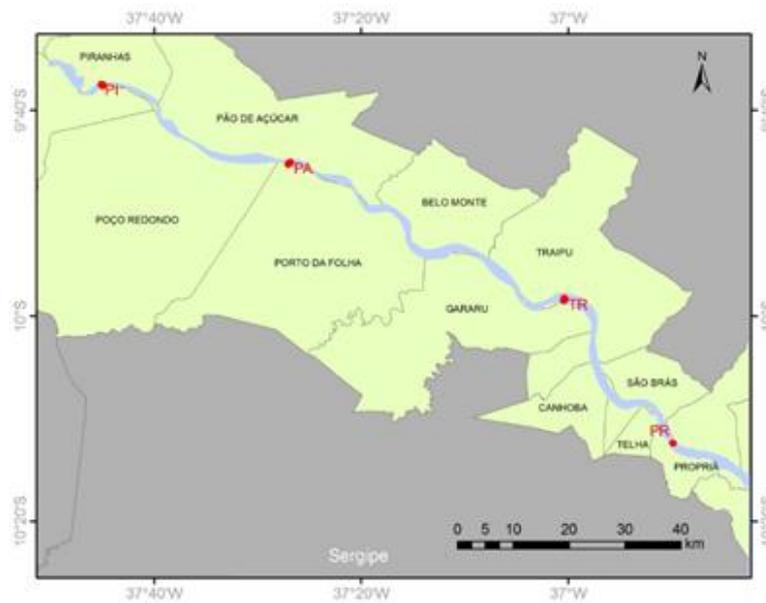
A temperatura do ar ( $T_a$ ) foi monitorada por um termômetro (Probe 107, *Campbell Scientific*) instalado no piso superior da embarcação da expedição e protegido da incidência de radiação. A velocidade do vento foi mensurada por um anemômetro do tipo de conchas, também instalado no piso superior do barco (Figura 1B).



**Figura 1.** A) Sensor de medição de radiação solar; B) Sensor de medição da velocidade do vento; e C) Sistema de aquisição de dados.

A temperatura da água do Rio foi monitorada em duas profundidades através de termômetros (Probe 107, *Campbell Scientific*): 1) um termômetro ficava próximo a superfície da água (completamente submerso) -  $T_s$ ; 2) o outro termômetro ficava no fundeadouro com uma profundidade aproximada de 2 metro –  $T_{2m}$ . As medições de temperatura do Rio só eram realizadas quando a embarcação estava atracada. Na Figura 2 observa-se as localidades nas quais foram realizadas as medições da temperatura da água do Rio.

No que se remete ao aproveitamento solar para geração de eletricidade, essa modalidade de aplicação vem ganhando fora exponencialmente. Diante da realidade da região do Baixo São Francisco, do ponto de vista climatológico, motivou-se o estudo para investigar os parâmetros elétricos fornecidos pelos módulos fotovoltaicos, visto que as condições meteorológicas afetam de forma significativa a produção de energia elétrica (Alves, 2019). Na Figura 3 tem-se o a configuração do cenário experimental montado na expedição, o conjunto conta com dois painéis fotovoltaicos de 140 Wp (Watt pico) de tecnologia Silício monocristalino (Si-m). Os dados técnicos operacionais do módulo empregado no experimento estão descritos na Tabela 1.



**Figura 2.** Localidades quando a embarcação da expedição estava atracada e foi monitorada a temperatura da água do Rio. Pi = Piranhas; PA = Pão de Açúcar; TR =Traipu; PR = Propriá.



**Figura 3.** Ambiente experimental para medição dos parâmetros elétrico de gerador fotovoltaico.

**Tabela 1.** Datasheet dos módulos utilizados na análise realizada na Expedição.

Referência	BMSM140M36
Potência	140 Wp
Corrente Ponto de Máxima	7.77 A
Corrente Curto Circuito	8.66 A

---

Tensão Ponto de Máxima	18.0 V
Tensão Circuito Aberto	21.6 V

---

Sistemas de monitoramento em tempo real possibilitam a visualização de falhas com maior precisão (Reges, 2017). Sistemas comerciais ainda custam muito caro o que muitas vezes inviabiliza a investigação de um experimento. Como já citado no início deste texto, o desenvolvimento deste protótipo foi fundamentado em desenvolver uma ferramenta de medição visando o baixo custo e acurácia aceitável nas medições. Dessa forma, a coleta de dados se deu através do protótipo desenvolvido no laboratório, sendo responsável por mensurar e armazenar as informações das variáveis na memória de massa interna propiciando futuras análises. O protótipo foi desenvolvido pelos alunos do curso de Engenharia de Energias (Figura 4). O dispositivo de aquisição de dados monitora em intervalos de 1 segundo o comportamento da tensão, corrente, potência e temperatura do painel solar, em tempo real e envia as informações a um cartão de memória.



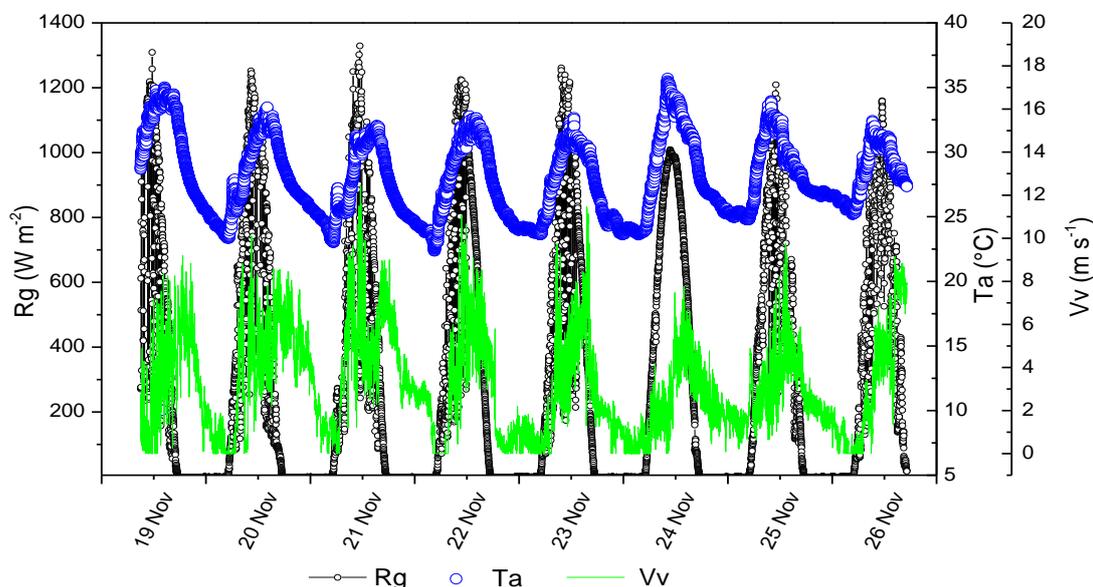
**Figura 4.** Ambiente experimental para medição dos parâmetros elétrico de gerador fotovoltaico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Meteorologia durante a expedição*

As medidas de radiação solar durante a expedição tiveram o valor máximo de incidência igual a  $1.329 \text{ W m}^{-2}$  às 11 horas e 23 minutos no dia 21 de novembro, no qual a embarcação estava em deslocamento entre os municípios de Pão de Açúcar (PA) e

Traipu (TR). Na Figura 5, observa-se a variação da irradiância, iniciando no dia 19 em Piranhas (PI) e finalizado em Penedo dia 26 de novembro. Ainda nessa Figura é possível notar que todos os dias tiveram altos valores de picos de irradiância solar global.



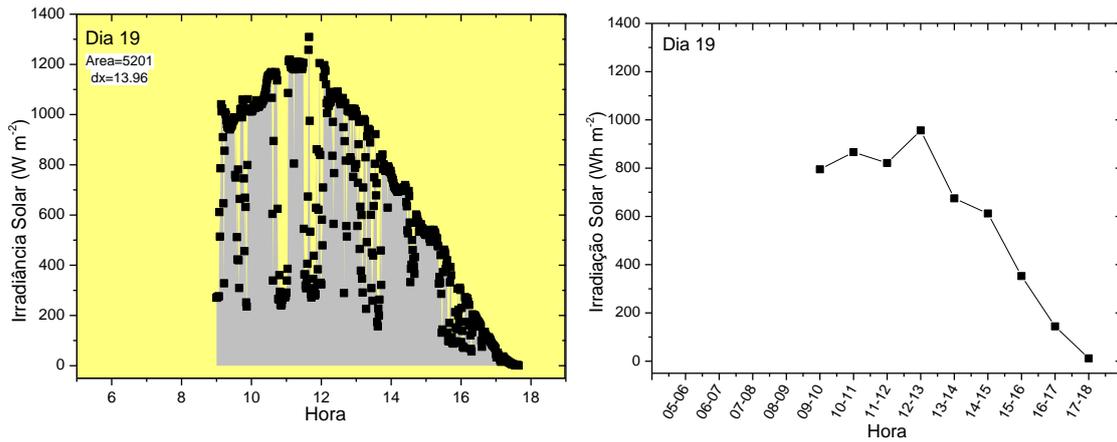
**Figura 5.** Irradiância Solar global ( $R_g$ ,  $W m^{-2}$ ), Temperatura do ar ( $T_a$ ,  $^{\circ}C$ ) e Velocidade do vento ( $V_v$ ,  $m s^{-1}$ ) medidos na embarcação ao longo da II Expedição Científica do Rio São Francisco.

Irradiância solar global na superfície com valores acima de  $1000 W m^{-2}$  estão relacionados a um fenômeno chamado de radiação extrema, sobre irradiância, efeito borda de nuvem ou efeito lente. São valores de densidade de fluxo de radiação próximos ou superior aos da constante solar ( $1367 W m^{-2}$ ) ou da irradiância extraterrestre. Isto ocorre em condições de nebulosidade parcial como consequência de espalhamento/reflexão por bordas das nuvens quando existe uma geometria propícia entre Sol-Nuvens-Terra (DGS, 2008). Geralmente o efeito lente tem curtos intervalos de tempo quando o ângulo de elevação solar está próximo de  $90^{\circ}$  ou ângulo horário próximo de  $0^{\circ}$  (meio dia solar). Piacentini et al. (2011) relatam que para o fenômeno ocorra, as condições especiais são funções do tipo, da densidade, da configuração e das porcentagens de coberturas de nuvens (entre 50% a 90% do céu). Pesquisas realizadas usando dados de irradiância feitas em diferentes estados do território brasileiro (Bahia; Ceará; Minas Gerais; Mato Grosso; Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul) foram observados valores acima de 1367 até  $1822 W m^{-2}$  (Nascimento et al., 2019).

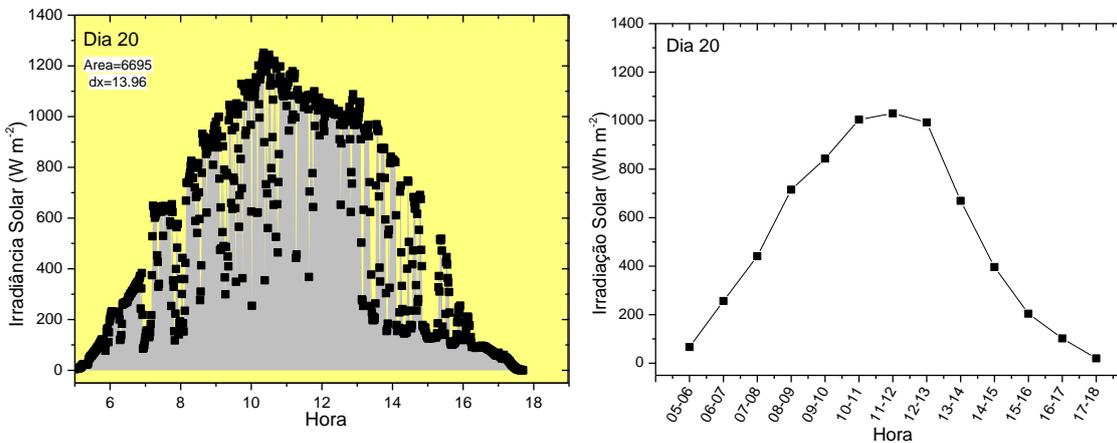
A expedição ocorreu em novembro, mês que apresenta a menor normal climatológica de precipitação pluvial (chuva) na maioria das regiões do estado de Alagoas. Por exemplo, no município de Pão de Açúcar a precipitação mensal média (entre os anos de 1981 a 2010) no mês de novembro é apenas de 12,8 mm (INMET, 2020). Por tanto, não ocorreu nenhum evento de precipitação pluvial durante a expedição, proporcionando elevados valores de energia solar incidente em todos os dias da expedição. Esses são uns dos fatores que favoreceram as elevadas temperaturas no decorrer da expedição, que apresentou uma temperatura do ar média de 27,9 °C, valor superior ao registrado na primeira expedição (2018) que ocorreu no mês de outubro e teve média de 27,3 °C. Se a comparação da temperatura do ar entre as duas expedições for em relação aos valores extremos (mínimo e máximo), as diferenças são maiores, com 1,05 e 2,1 °C de diferenças, respectivamente, para temperaturas mínimas e máximas.

A temperatura do ar teve o valor máximo (35,7 °C), durante a expedição, no dia 24 de novembro às 10h10min da manhã. Nas Figuras 5 e 11, nota-se que nesse dia a irradiância apresentou o menor pico (1010 W m<sup>-2</sup>) entre os dias da expedição, porém esse dia, do nascer ao pôr do Sol, foi o que recebeu mais energia solar, com o valor integrado de 7370 Wh m<sup>-2</sup>. Isso foi devido a condição da atmosfera que estava limpa nesse dia. E, conforme relatado no Atlas Brasileiro de Energia Solar elaborado em conjunto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (Labren) e o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) em 2017, em um dia claro (céu limpo), os constituintes da atmosfera atenuam a irradiância solar fazendo com que a incidente na superfície atinja seu valor máximo de aproximadamente 1.000 W m<sup>-2</sup> (Pereira et al., 2017). Essa condição ocorreu no dia 24 e pode ser observado na Figura 11, na qual a curva foi a mais próxima de uma senoide (formato de sino).

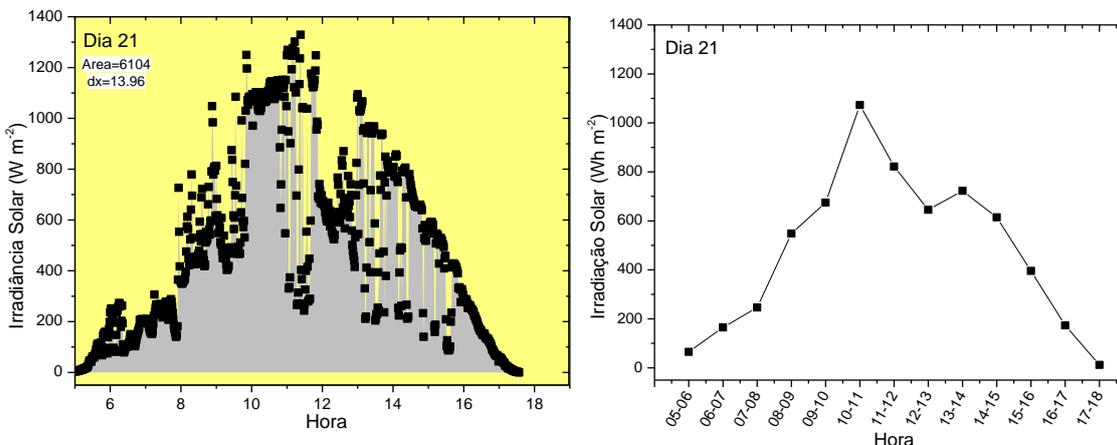
Cabe ressaltar que todos os dias apresentaram irradiação solar global acima da faixa média anual (5250 a 5500 W m<sup>-2</sup>) da região apresentada no Atlas acima citado. As tendências de irradiâncias solar global e de irradiação solar global horária dos demais dias da expedição são mostradas nas Figuras 6 a 13.



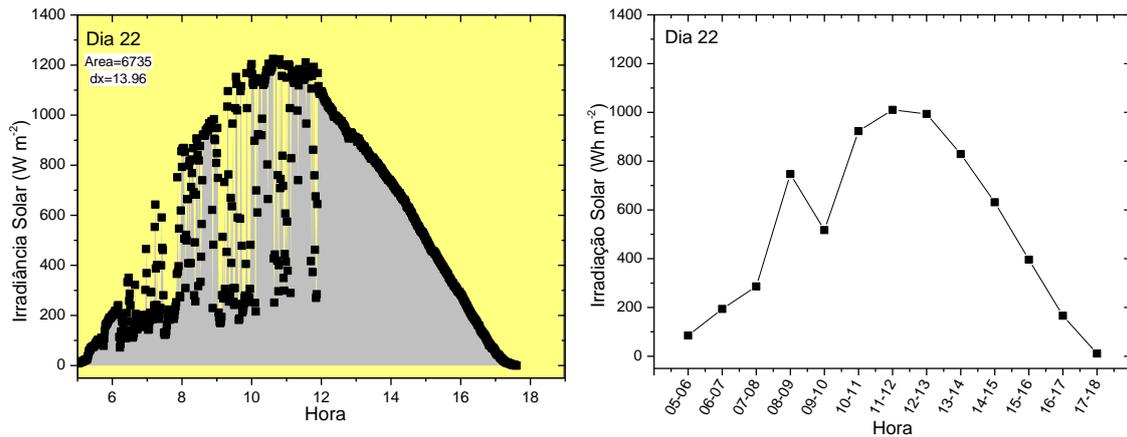
**Figura 6.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 19 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco, no município de Piranhas (PI).



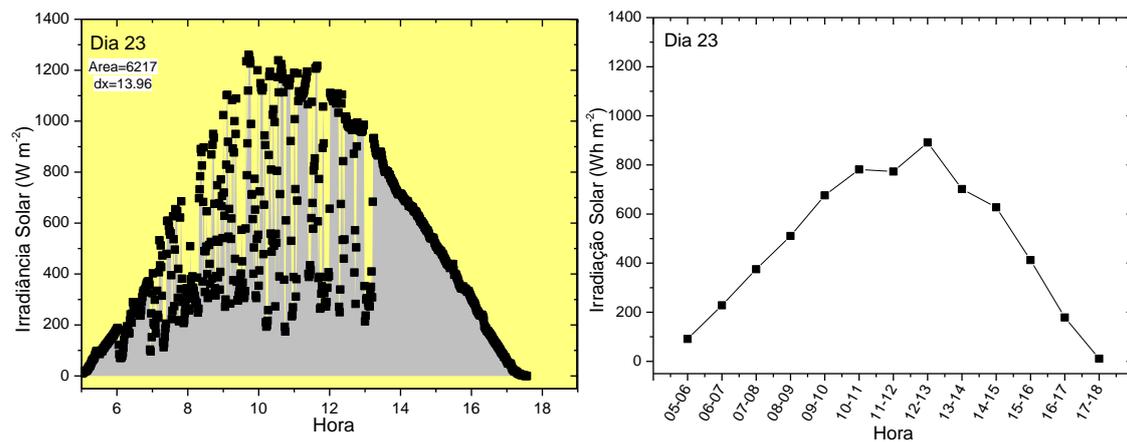
**Figura 7.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 20 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco do município de Piranhas (PI) ao de Pão de Açúcar (PA).



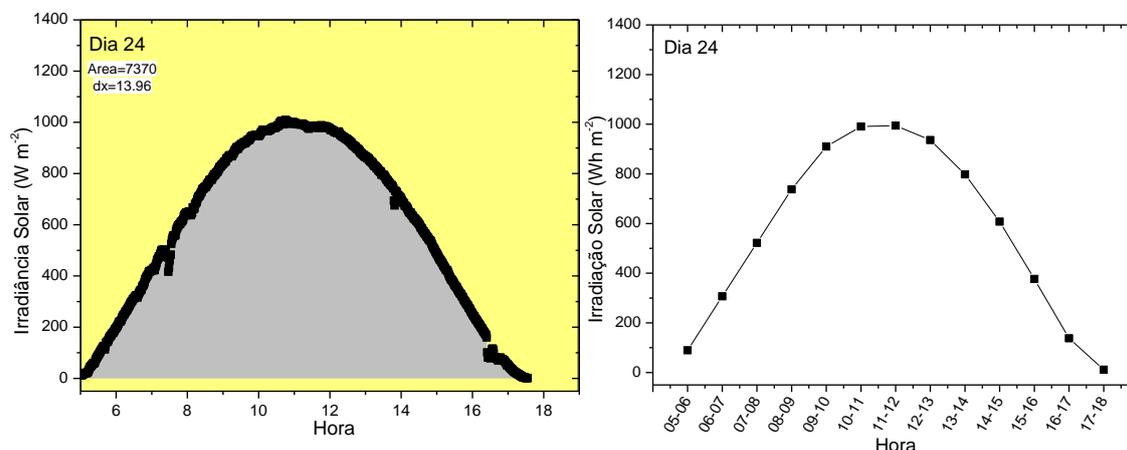
**Figura 8.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 21 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco do município de Pão de Açúcar (PA) ao de Traipu (TR).



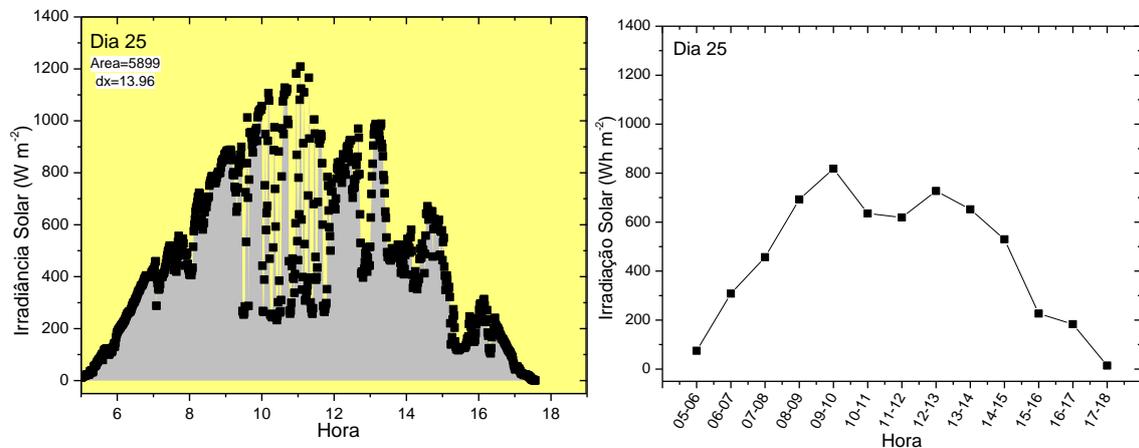
**Figura 9.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 22 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco do município de Traipu (TR) ao de Propriá (PR).



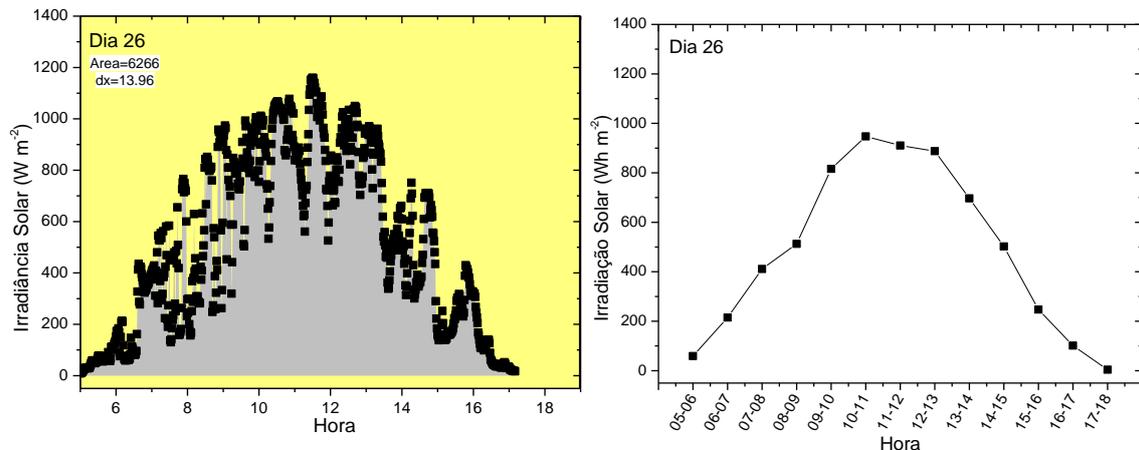
**Figura 10.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 23 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco do município de Propriá (PR) ao de Penedo (PE).



**Figura 11.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 24 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco no município de Penedo (PE).



**Figura 12.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 25 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco do município de Penedo (PE) ao de Piaçabuçu (PU).

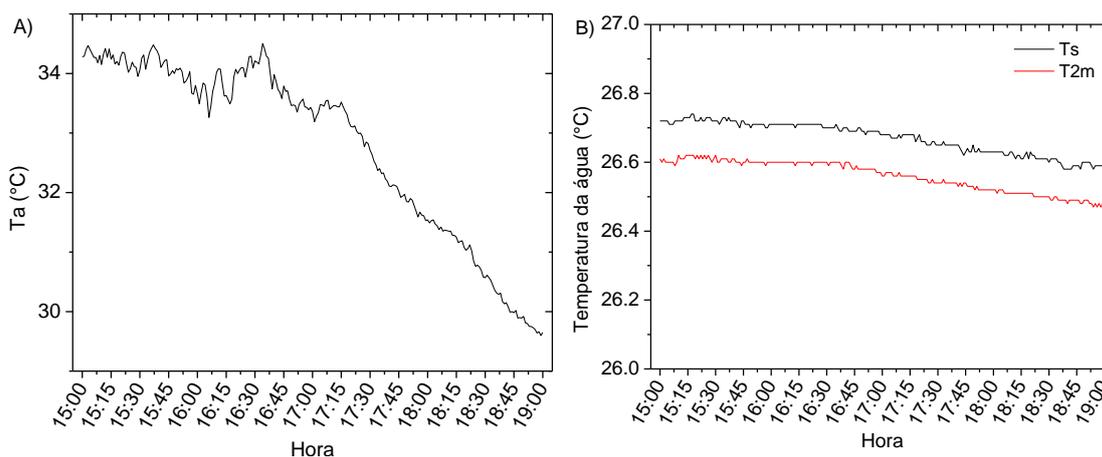


**Figura 13.** Irradiância e Irradiação Solar no dia 26 medida na embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco do município de Piaçabuçu (PU) ao de Penedo (PE).

Em relação a velocidade do vento medida na expedição, é importante lembrar que, quando a embarcação está em movimento, a velocidade registrada pelo equipamento é a sentida pela embarcação. Nesse caso, a velocidade é uma resultante da velocidade da embarcação e a do vento. Logo, na Figura 5 os valores em certos momentos representados não são exatos, porém é notável que a tendência do vento é parecida com a da temperatura do ar.

### Temperatura da água do rio

O primeiro registro da temperatura da água do rio ocorreu no município de Piranhas (PI) no dia 19 de novembro das 15h às 19h. Durante esse período, a temperatura da água do rio nas duas profundidades (temperatura na superfície - Ts e Temperatura a 2 metro de profundidade – T2m) tiveram decréscimos de apenas 0,13 °C (Ts) e 0,14 °C (T2m) (Figura 14B). A temperatura do ar (Ta) teve no mesmo período uma amplitude de 4,63 °C (Figura 14A).

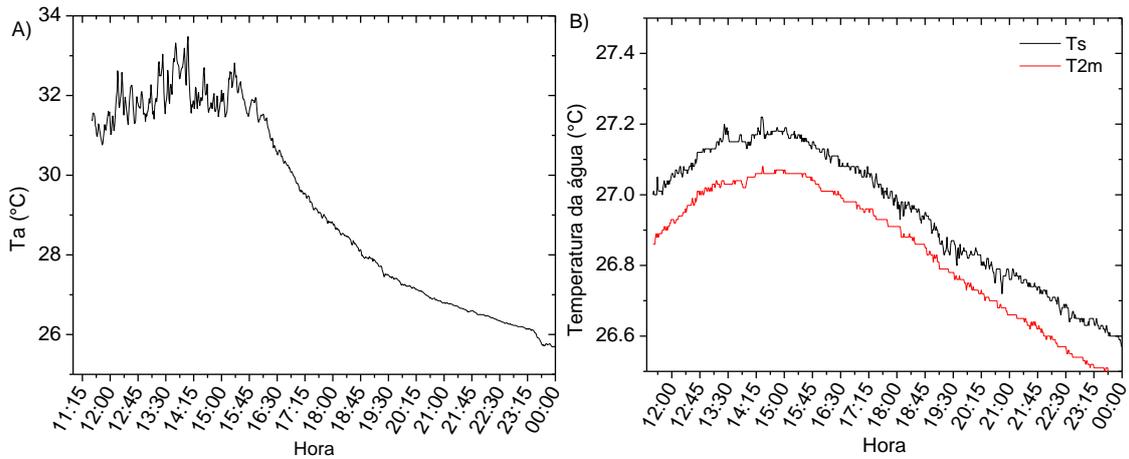


**Figura 14.** A) Temperatura do ar (Ta, °C); B) temperatura da água na superfície (Ts, °C) e temperatura da água à 2 metros de profundidade (T2m, °C) do Rio São Francisco, realizada dia 19 de novembro de 2020 no município de Piranhas (PI) durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

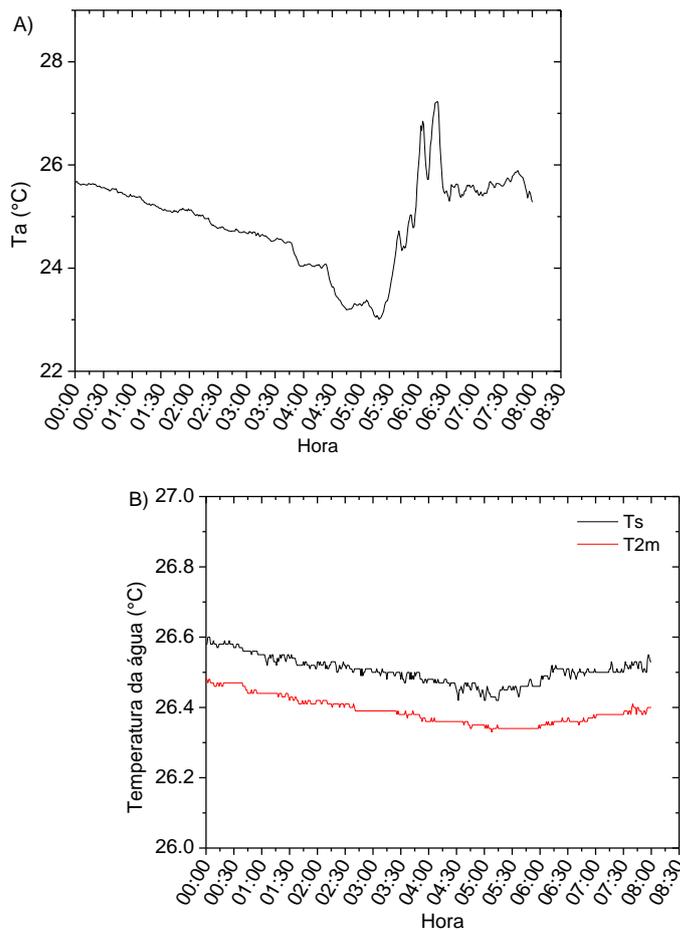
Sabe-se que essa manutenção da temperatura da água do rio é devido a propriedade da água em precisar perder relativamente mais energia para diminuir sua temperatura (alto calor específico). Nota-se uma ligeira diferença de temperatura entre Ts e T2m com valor médio de 0,11 °C. Vale ressaltar que os sensores utilizados são robustos e precisos, com a capacidade de medir a temperatura do ar, do solo ou da água de -35 a + 50 °C e com um erro menor ou igual a 0,01 °C (Campbell Scientific, 2020).

No município de Pão de açúcar (PO) foram realizadas medidas da temperatura da água no dia 20 (Figura 15B) e no dia 21 (Figura 16B). Esse foi o maior período de medição dessa variável na expedição. Assim foi possível observar uma maior amplitude da temperatura, com máximas de 27,7 °C (Ts) e 27,08 °C (T2m), e mínimas de 23,87 °C (Ts) e 23,59 °C (T2m). As diferenças entre as profundidades (Ts e T2m) em PO teve um valor máximo de 0,42 °C e uma média de 0,11 °C. As curvas de temperaturas da

água do Rio apresentam uma variação suavizadas, mesmo quando a  $T_a$  tem uma alteração mais abrupta, como ocorreu na Figura 16.



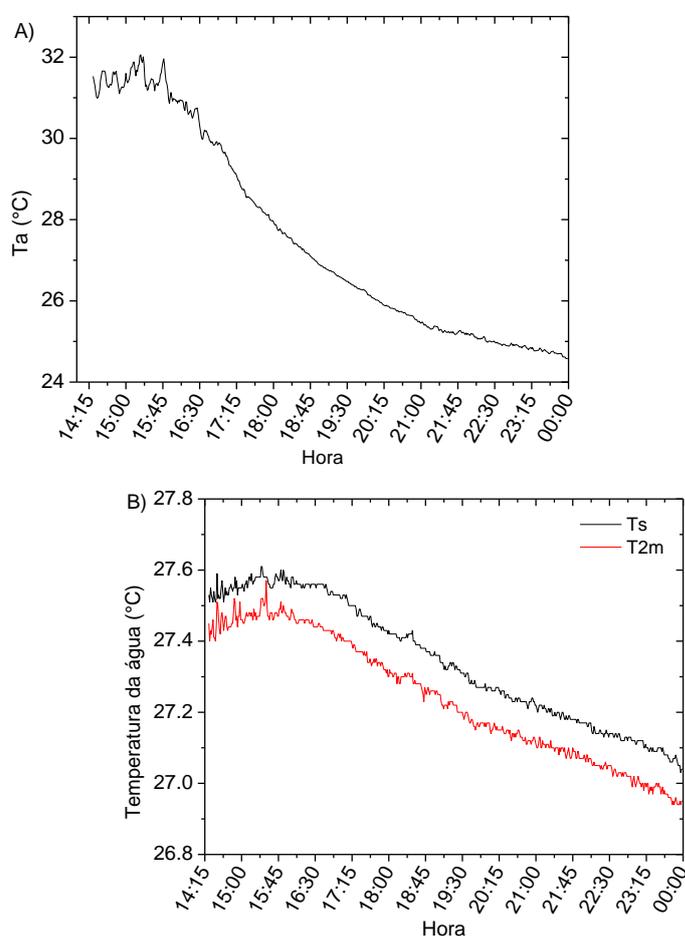
**Figura 15.** A) Temperatura do ar ( $T_a$ , °C); B) temperatura da água na superfície ( $T_s$ , °C) e temperatura da água à 2 metros de profundidade ( $T_{2m}$ , °C) do Rio São Francisco, realizada dia 20 de novembro de 2020 no município de Pão de Açúcar (PO) durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.



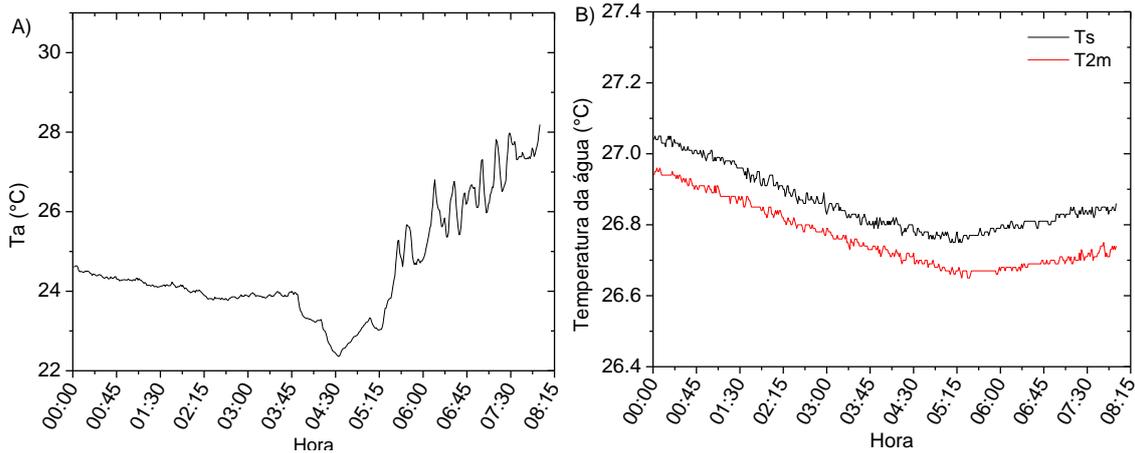
**Figura 16.** A) Temperatura do ar ( $T_a$ , °C); B) temperatura da água na superfície ( $T_s$ , °C) e temperatura da água à 2 metros de profundidade ( $T_{2m}$ , °C) do Rio São Francisco,

realizada dia 21 de novembro de 2020 no município de Pão de Açúcar (PO) durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

Ainda no dia 21 de novembro de 2020, a embarcação da II Expedição Científica do Rio São Francisco chegou nono município de Traipu (TR), onde novamente, os sensores foram colocados na água às 14h15min e retirados no dia seguinte (22/11) às 8h (Figuras 17 e 18). A tendência da temperatura da água do Rio foi parecida com a apresentada acima em PO, com máximas respectivamente de 27,91 e 27,57 °C para Ts e T2m. As mínimas foram de 26,75 °C na água na superfície e de 26,65 °C no fundo do Rio (2m). A média das diferenças entre os dois termômetros foi 0,10 °C.



**Figura 17.** A) Temperatura do ar ( $T_a$ , °C); B) temperatura da água na superfície ( $T_s$ , °C) e temperatura da água à 2 metros de profundidade ( $T_{2m}$ , °C) do Rio São Francisco, realizada dia 21 de novembro de 2020 no município de Traipu (TR) durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

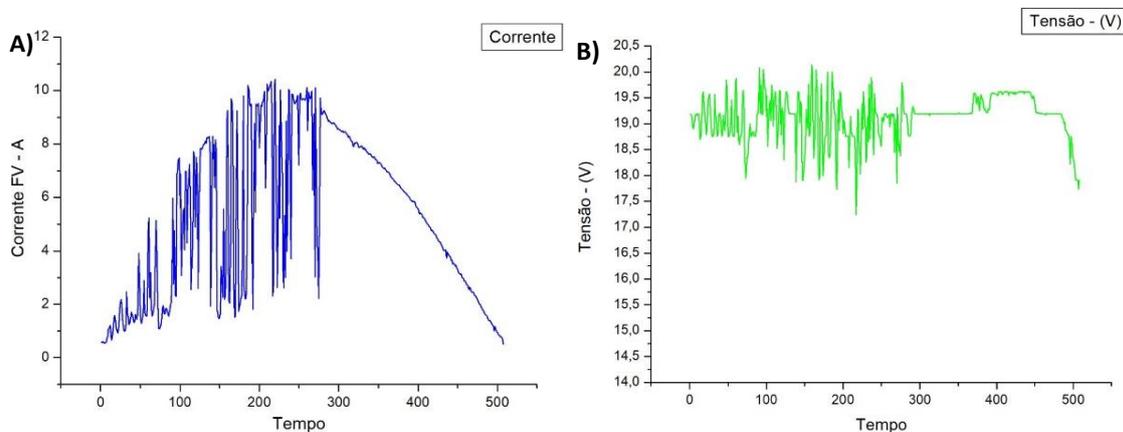


**Figura 18.** A) Temperatura do ar ( $T_a$ , °C); B) temperatura da água na superfície ( $T_s$ , °C) e temperatura da água à 2 metros de profundidade ( $T_{2m}$ , °C) do Rio São Francisco, realizada dia 22 de novembro de 2020 no município de Traipu (TR) durante a II Expedição Científica do Rio São Francisco.

Apesar da água do rio ter diferenças muito pequenas de temperatura nas duas profundidades medidas, não foi registrado inversão térmica nos momentos de medidas, com a temperatura da água na superfície sempre ligeiramente superior à no fundo do Rio.

#### *Monitoramento do Sistema Fotovoltaico*

No contexto da produção de eletricidade, os resultados encontrados pelo protótipo medidor estão ilustrados na Figura 19. As medidas são referentes ao dia 22 de novembro de 2019, quando a embarcação da Expedição estava em deslocamento entre os municípios de Traipu (TR) e Propriá (PR). De acordo com Figura 19A, há uma similaridade entre o comportamento da corrente fotogerada e a irradiância solar global (Figura 9), percebe-se uma mesma dinâmica na variabilidade das medições com forte correlação entre as variáveis.



**Figura 19.** A) Perfil da corrente elétrica produzida pelo painel fotovoltaico em ampères;  
B) Perfil da tensão nos terminais do painel fotovoltaico em volts.

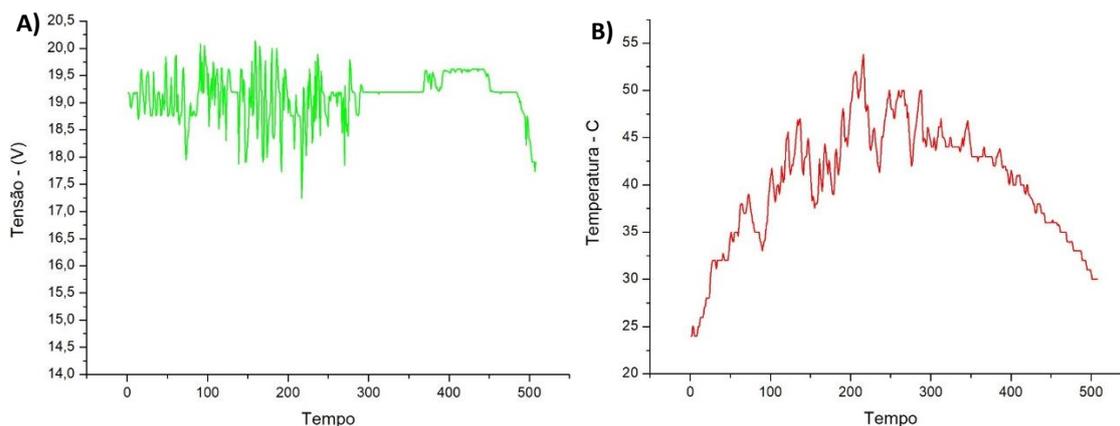
Matematicamente a correlação pode ser determinada pela modelo matemático abaixo, onde se é possível determinar a corrente produzida pelo painel fotovoltaico com o dado instantâneo de radiação solar:

$$\frac{H_{\beta}}{H_{STC}} = \frac{I_{FV}}{I_{MP}} = I_{FV} = I_{MP} \frac{H_{\beta}}{H_{STC}}$$

Na expressão acima,  $I_{FV}$  é a corrente na saída do painel fotovoltaico, a partir do valor da corrente no ponto de máxima potência ( $I_{MP}$ ) nominal do datasheet é possível calcular instantaneamente a corrente fotogerada usando o termo de radiação normalizada ( $\frac{H_{\beta}}{H_{STC}}$ ). Percebe-se também que foram obtidos valores máximos de corrente ligeiramente acima de 10 amperes, superando o valor de catálogo do datasheet (Tabela 1), isso significa um excesso de sobrecorrente de quase 18% com relação ao dado de catálogo, que é referenciado nas condições padrão de teste (STC). Este fenômeno pode ser justificado mediante a disponibilidade do recurso solar local, conforme é visualizado no perfil da irradiação solar do dia 22, existe momentos que a irradiação solar ultrapassa os  $1000 \text{ W m}^{-2}$ , conseqüentemente há uma projeção deste efeito na corrente fotogerada do módulo.

Analisando o perfil da tensão, visualiza-se que há intermitência na amplitude da tensão no mesmo período que se tem a variabilidade da irradiância solar, porém em menor intensidade. A comparação pode ser feita pelo próprio gráfico (Figura 19), visto que corrente elétrica reflete o comportamento da densidade de fluxo de radiação solar, assim, é possível perceber a estabilidade do sinal de tensão após o período da perturbação da corrente elétrica.

Uma observação bastante importante nos dados de tensão é que, mesmo no estado de variabilidade, apresenta-se na respectiva variável uma tendência de decaimento em seu perfil, isto é reflexo do aquecimento excessivo na superfície do módulo fotovoltaico, aumentando agressivamente sua temperatura de operação. Ilustre-se na Figura 20, novamente, o perfil de tensão (letra A) associado a sua temperatura de operação (letra B).



**Figura 20.** A) Perfil da tensão elétrica nos terminais do módulo fotovoltaico ao longo do dia em V; B) Perfil da temperatura operacional do painel fotovoltaico em graus Celsius.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que a radiação solar é um recurso que deve ser ambicionado na região, principalmente em locais com difíceis acessos, uma vez que já foi documentado o potencial. A utilização de geradores fotovoltaicos já é uma realidade, de acordo com os resultados é possível utilizar esta tecnologia para fornecimento de energia elétrica a pequenas e grandes cargas, bastando está muito atento no que tange a melhor captação do recurso solar. O protótipo de monitoramento desenvolvido mostrou-se bom desempenho nas medições de tensão, corrente, potência e temperatura do painel solar.

A temperatura da água do rio apresentou uma variação esperada tanto ao longo do dia quanto em relação a diferenças de profundidade. É importante ressaltar que o monitoramento das variáveis da atmosfera e da temperatura da água do rio são utilizadas em outras pesquisas correlatadas. No caso de necessidade de dados mais detalhados entrar em contato com o primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. O. L., Energia solar: Estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid. Universidade Federal do Ouro Preto, João Monlevade, Minas Gerais, 2019.

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.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2020. Página inicial. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 27 de mai. de 2020.

NASCIMENTO, L. R., VIANA, T. S.; CAMPOS, R. A.; RÜTHER, R. Extreme solar overirradiance events: Occurrence and impacts on utilityscale photovoltaic power plants in Brazil. Solar Energy. v.186, p.370-381, 2019.

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.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; DE LIMA, F. J. L., RUTHER, R.; DE ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; DE SOUZA, J. G., 2017. Atlas Brasileiro de Energia Solar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2ª Ed. São José dos Campos, SP. ISBN: 978-85-17-00089-8.

PIACENTINI, R. D.; CEDE, A.; BARCENA, H. Extreme solar total and UV irradiances due to cloud effect measured near the summer solstice at the high-altitude desert plateau Puna of Atacama (Argentina). J. Atmos. Solar Terr. Phys, v.65, p. 725-731, 2003.

REGES, J. P. Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para sistemas fotovoltaicos. Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2017.

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



## **Testes de conceitos e robustez em equipamentos para robótica e sensoramento ambiental**

Gilberto Schwertner Filho<sup>1</sup>; Remo Raulison<sup>2</sup>; Leonardo Viana<sup>3</sup>; Guilherme Netter<sup>4</sup>; João Thiago Farias<sup>5</sup> & Joel de Brito<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> *Docente/Pesquisador IFCE - Instituto Federal do Ceará*

<sup>2</sup> *Engenheiro CTI - Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer*

<sup>3</sup> *Docente/Pesquisador UFAL - Universidade Federal de Alagoas*

<sup>4</sup> *Estagiário UFAL - Universidade Federal de Alagoas*

<sup>5</sup> *Servidores CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba*

## INTRODUÇÃO

O Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI é um Instituto de Pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI que atua na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias da informação. Uma das áreas de grande importância é a Robótica Ambiental que tem como foco o desenvolvimento de sistemas robóticos para sensoriamento e monitoramento autônomo ambiental. Dentro desta área de pesquisa o CTI desenvolveu em seu Núcleo de Fortaleza, o CTI/NE, projetos e estudos em robótica aquática e subaquática: o projeto IRACEMA com o desenvolvimento de barco robótico para monitoramento ambiental e estudos em robótica subaquática de inspeção com a utilização de veículos remotamente controlados (ROV). Estes desenvolvimentos são executados em parceria com o Instituto Federal do Ceará – IFCE.

Desta união de esforços ao atendimento a este tema, está se trabalhando em ações de caráter multi-institucionais, com incremento de equipes da UFAL - Universidade Federal de Alagoas e da CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba, para contribuir com P,D&I no monitoramento do Rio São Francisco com a participação na I Expedição Científica ao Rio São Francisco, na qual, em caráter primário, foram realizados testes com o Barco Robótico IRACEMA e na II Expedição Científica ao Rio São Francisco com testes de diferentes equipamentos tecnológicos com destaque à captação de informações frequenciais para avaliação tridimensional da topologia fluvial com a utilização de sonar de varredura lateral (*Sidescan*), e, em ambas as expedições na divulgação científica da Robótica Ambiental nas ações voltadas à população contribuindo com o projeto de Educação Ambiental.

O investimento em conhecimento e domínio destas tecnologias aplicadas ao monitoramento do Rio São Francisco, potencializará grande impacto na qualidade e na quantidade de dados coletados e, conseqüentemente, nos resultados obtidos durante as futuras expedições.

Este relato será apresentado em três partes com relação às atuações nas I e II Expedições ao Rio São Francisco: 1. sobre os testes com o barco robótico IRACEMA; 2. sobre as colaborações para o desenvolvimento de modelos 3D, pela integração dos sensores que compõem o barco robótico IRACEMA (*Sidescan*, batímetro/GPS, LIDAR) para gerar modelos topológicos detalhados do rio, e, 3. ações de divulgação científica.

## DESENVOLVIMENTO

### 1. Barco Robótico IRACEMA



**Fig. 01 – Barco Robótico IRACEMA**

O barco robótico IRACEMA (figura 01) foi projetado com o intuito de ser uma ferramenta de apoio à pesquisa, cujo objetivo é disponibilizar equipamentos científicos embarcados para o monitoramento ambiental e que pode ser operado de maneira manual, remoto ou autônoma e programável, permitindo obtenção de dados georreferenciados com grande resolução espacial e temporal, sendo uma plataforma robótica robusta para o desenvolvimento de tecnologias para monitoramento ambiental autônomo.

O IRACEMA tem a possibilidade de embarcar singular capacidade de medições limnológicas por meio da integração de vários sensores, por exemplo, sonda multiparamétrica, sensor de direção e velocidade dos ventos por efeito Doppler, associados à potencial capacidade de armazenamento de informações georreferenciadas.

O foco das ações do IRACEMA estavam na possibilidade de se testar esta plataforma robótica em primeira atuação em uma expedição científica. Porém, o grande desafio foi a validação da operação em si e o levantamento de possibilidades para integração dos sistemas embarcados com outros sistemas ou sensores utilizados pelos pesquisadores da expedição, no intuito de se ampliar o escopo de atuação do barco.

Foram estabelecidos e desenvolvidos protocolos de testes para os diversos equipamentos e sistemas do barco. Somadas a ações evidenciadas e demandas pelas diversas equipes de trabalho da I Expedição Científica no Rio São Francisco. Os protocolos de testes do barco robótico IRACEMA foram divididos nos seguintes módulos:

a. Plataforma náutica: que consiste do veículo propriamente dito, incluindo o casco, leme, motores, e demais componentes do barco.

b. Hardware embarcado: composto por sistema de componentes e sensores embarcados, incluindo o processador de bordo, canais de comunicação e transmissão de dados, e atuadores.

c. Software piloto: que é responsável pela operação autônoma do barco durante a execução de missões de sensoriamento científico, coleta de amostras, e/ou monitoramento ambiental.

d. Base de operações: que corresponde a estação operação do sistema, que permite ao operador humano supervisionar e coordenar as atividades do IRACEMA, bem como assumir o controle teleoperado do veículo.

O IRACEMA foi equipado com os seguintes equipamentos científicos:

- Sonda multiparamétrica para determinação de parâmetros de qualidade de água;
- Sistema de mapeamento batimétrico por sonar sidescan;
- Estação meteorológica;
- Anemômetro digital;
- Ecobatímetro;
- ROV para inspeção subaquática;
- Câmera de alta resolução para inspeção e registro de imagens.

Na programação do projeto os dados obtidos pelos sensores são armazenados no computador de controle de equipamentos científicos de bordo do barco para futura análise e poderão ser transmitidos via rádio, em tempo real, para a estação de controle de missão localizada em uma posição remota.

A Estação Base de controle consiste de um sistema de computador e software que permite a programação da missão previamente à sua execução, a edição e controle e acompanhamento em tempo real durante a execução da missão (figuras 02 e 03).



Fig. 02 – Antena da Estação Base. Fig. 03 – Estação Base.

O IRACEMA possui um sistema de comunicação que permitirá a conexão remota do barco à estação de controle permitindo o monitoramento, pilotagem e coleta de dados da missão e dos sensores embarcados. Este sistema possui arquitetura (figura 04) de controle dotado de rotinas de segurança que permitem que o sistema autônomo tome ações de correção de rota para evitar colisão com outras embarcações ou obstáculos na superfície ou submerso e também ações de emergência em casos extremos de perda de comunicação ou falha de controle, com opção de retorno automático à base

ou imobilização com emissão de sinal de alarme.

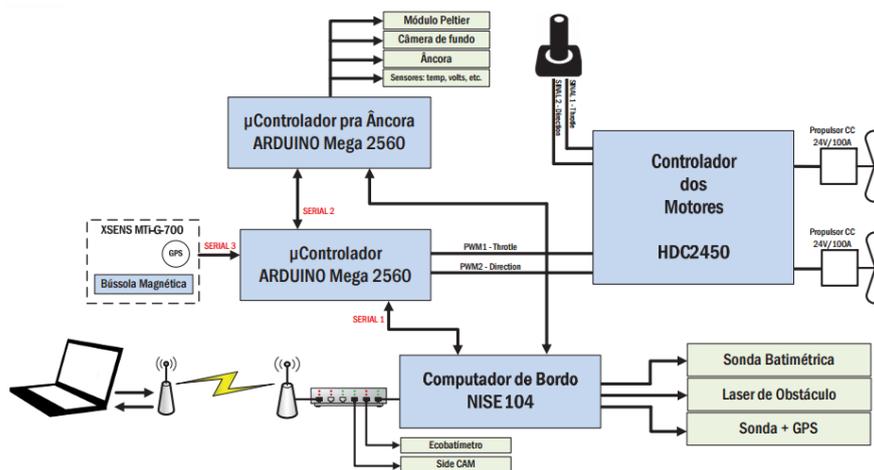


Fig. 04 – Arquitetura do funcionamento do sistema autônomo do IRACEMA.

Os testes com barco robótico

IRACEMA *in loco* sugerem um série de modificações para atender as características da expedição, como também observou-se a necessidade de reconfigurações dos sensores e instalação de computador adicional para a operação dos sensores científicos. Todos sistemas dos sensores deverão ser integrados com GPS e relógio. Deverão ser desenvolvidos protocolos de utilização para os sensores visando a uniformização de procedimentos e facilidade de programação. Há necessidade de redesenho do protocolo de programação para o sistema lançador de sonda e dos sistemas de configuração e operação da sonda multiparamétrica.

Observou-se uma série de aprimoramentos possíveis, que aumentarão o desempenho do equipamento ou contribuirão significativamente para o desenvolvimento outros projetos de barcos robóticos autônomos:

- *Sidescan* + Ecobatímetro GPS acionados em todos os deslocamentos da Expedição, oportunidades de mapear o fundo do rio durante os deslocamentos com o IRACEMA rebocado, ou removido e instalado na embarcação de apoio durante os deslocamentos.
- Sistema de ancoragem não testado. Ancorado o IRACEMA poderia servir como apoio para coletas de água e medidas de parâmetros aquáticos em diferentes profundidades.
- Sonda multiparamétrica seria muito útil para execução de medidas em diferentes profundidades.
- Importante associar medidas de corrente do rio, velocidade e vazão, ao perfil transversal da calha do rio. A falta do ADCP e/ou fluxômetro.
- Precisa-se desenvolver algum sistema para coleta de sedimento de fundo e amostrador de água em diferentes profundidades da coluna d'água.
- A integração dos dados georreferenciados não está automática, fato importante após coleta é a checagem do efetivo registro das informações captadas.
- Anemômetro entre outros sensores meteorológicos seriam imprescindíveis.
- Precisa-se desenvolver sistema para medição das margens do rio, principalmente associadas às imagens da câmera frontal e nuvens de pontos de *laser* (LIDAR).
- Uma simples câmera à prova d'água no casco, apontando para o fundo do rio poderia revelar muitas imagens importantes no contexto ecológico.
- Desenvolvimento de modelagem 3D de dados batimétricos obtidos por ecobatímetro e *sidescan*.
- Desenvolvimento de sistema de programação de missão.
- Desenvolvimento de sistema de mapeamento e detecção de obstáculos por sensoriamento a laser e de obstáculos subaquáticos por ecobatimetria.
- Desenvolvimento de sistemas para o monitoramento ambiental aquático contínuo capaz de captar e armazenar grande massa de informações ambientais e parâmetros limnológicos.
- Desenvolvimento de sistema de mapeamento de obstáculos por sensor à laser.
- Comunicação e estação base com maior alcance.
- Possibilidade de acesso em bordo do sistema integrado computador de bordo + GPS para “balizar” trajetórias (derrotas).

- Antena no IRACEMA retrátil ou com molas de proteção.
- Estação base mais “robusta” (estudar possibilidade de aquisição de um computador de campo IPX7), cabos longos para instalação definitiva da antena no local mais propício (alto) do barco principal para comunicação, sem necessidade de ficar mudando a antena e estação base a cada diferente operação.
- Seria útil o desenvolvimento de sistema alternativo de comunicação (ex. telefonia móvel).
- A eletrônica tem que estar contida em “gavetas” em um rack (um ou dois cases) facilmente desacoplado da embarcação e com possibilidade de transporte da caixa estanque que o protege, quando for necessário algum procedimento de manutenção. Nesta “caixa” deve ter todas as ferramentas necessárias para ajustes e manutenções de emergência.
- As baterias poderiam ter um conector mais ao estilo *plug and play*.
- Falta peso para descida da sonda multiparamétrica. Da forma que está, as medidas em diferentes profundidades ficam comprometidas pela variação das correntes.
- Os motores devem possibilitar um destravamento automático da posição de “cruzeiro” (90°), para utilização do IRACEMA em locais rasos. Os motores deveriam ter alimentação independente, preferencialmente com bateria acoplada diretamente ao motor, para se evitar o superaquecimento do sistema de fornecimento de energia.

## 2. Desenvolvimento de Modelos 3D

Na II Expedição buscou-se o aprimoramento dos sistemas de sensoriamento espacial. O sistema LIDAR do IRACEMA ficou aos cuidados de grupo de desenvolvedores estudantes de pós-graduação da UFAL para o desenvolvimento de algoritmos de visão computacional, nesta etapa não foi incorporado às atividades de campo. O sistema de sonar de varredura lateral - sidescan (figuras 05 e 06) foi amplamente utilizado durante os deslocamentos da embarcação principal da II Expedição. Os dados captados pelo software Starfish Scanline (figura 07) foram armazenados em computadores, e, estão sendo processados e analisados. Correspondem a considerável quantidade de informações. Durante os trajetos, foram testados diferentes profundidades de amostragem, diferentes velocidades de amostragem, além das mais diferentes condições ambientais e situações de adversidade (figura 08), cujas avaliações e tabulações destas informações demandaram mais tempo, ficando para futuras publicações.



**Fig. 05** – Sidescan Starfish 990.



**Fig. 06** – Captura. Fonte Trittech.

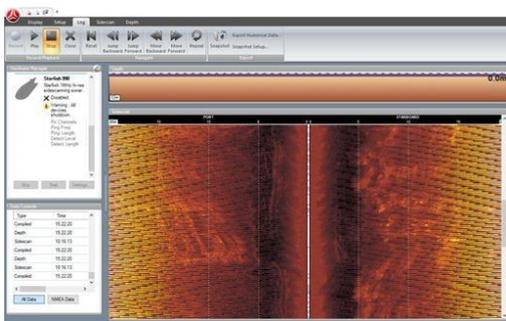


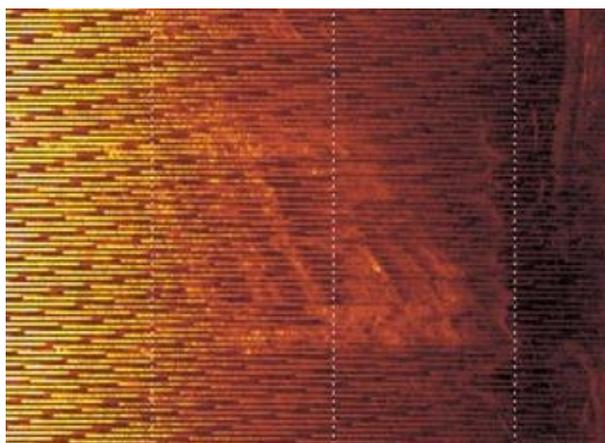
**Fig. 07** – Software Scanline®.



**Fig. 08** – Adversidades: macrófitas.

Segundo informações de Antonio Jackson Lima, CBHSF, o naufrágio da embarcação Moxotó, ocorrido em 10 de janeiro de 1917, entre o povoado da Ilha do Ferro, em Pão de Açúcar, Alagoas, foi o maior o maior naufrágio em número de vítimas no Baixo São Francisco (cinco vítimas). Detalhe do que possivelmente é a estrutura restante do naufrágio da embarcação Moxotó (figura 09).





**Fig. 09 – Software Scanline®, no detalhe naufrágio Moxotó (10/01/1917)**

Na Foz do Rio São Francisco, com apoio da Marinha do Brasil (figura 10), testou a utilização do sidescan Starfish 450 (figura 11) realizando-se transectos georreferenciados com GPS-RTK (figura 12) com a visualização *in loco* via software Starfish Scanline (figura 13) testando-se a capacidade de inspeção em tempo real da presença de significativas anomalias no fundo do estuário, que poderiam caracterizar a presença de grandes manchas de óleo denso. Durante a inspeção não foram observadas significativas anomalias, os dados deverão ser pós-processados na busca de informações mais refinadas.



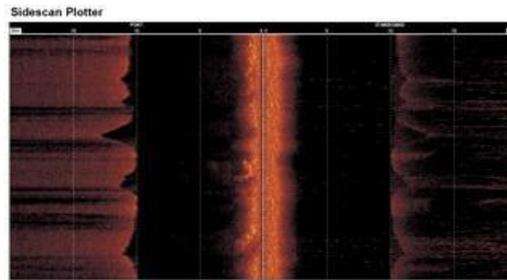
**Fig. 10 – Apoio Marinha do Brasil.**



**Fig. 11 – Sidescan Starfish 450**



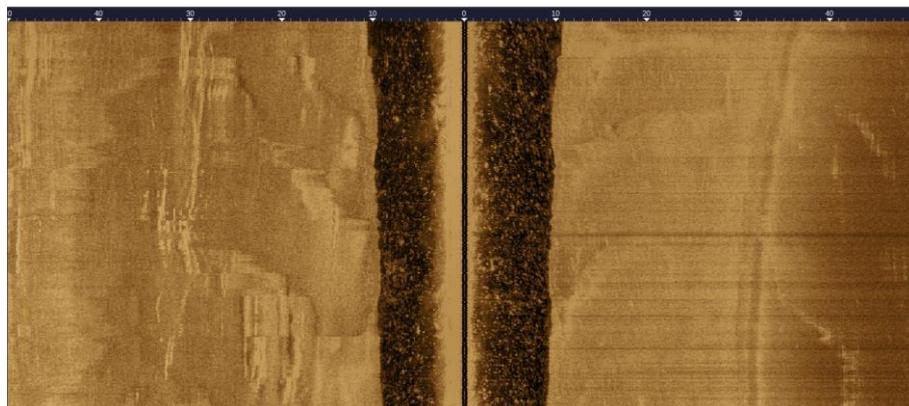
**Fig. 12 – Transecto de varredura na Fóz do Rio São Francisco**



**Fig. 13 – Software Scanline®, visualização das feições de fundo no estuário**

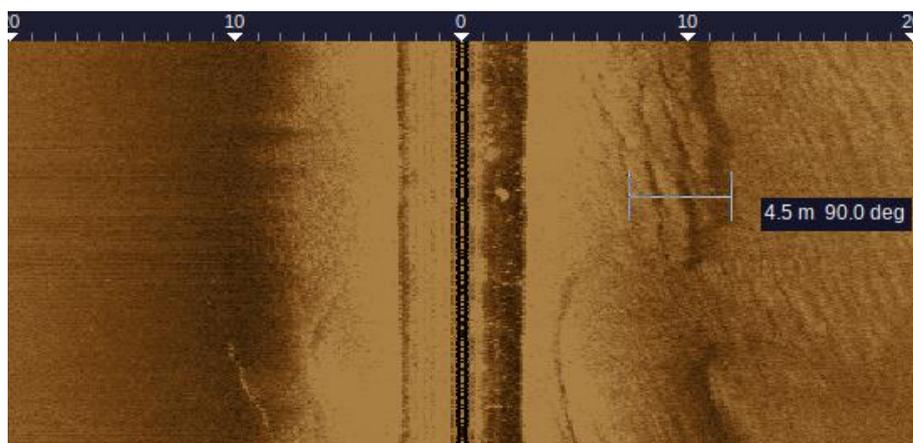
Para produção dos gráficos em 3D por meio do *software opensource* ImageJforXTF os arquivos de Log obtidos via *sidescan* pelo software Starfish ScanLine foram convertidos no formato .XTF (eXtended Triton Format - figuras 16 a 29).

Os arquivos do sonar sidescan convertidos no formato .xtf podem ser visualizados por vários softwares gratuitos, incluindo o DeepView FV (figuras 14 e 15).

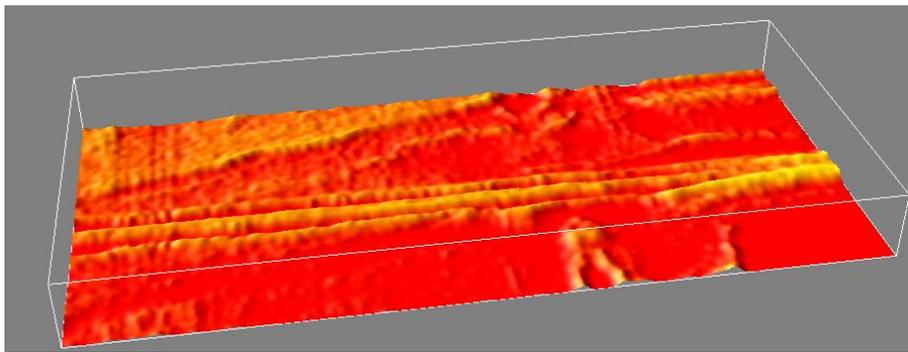
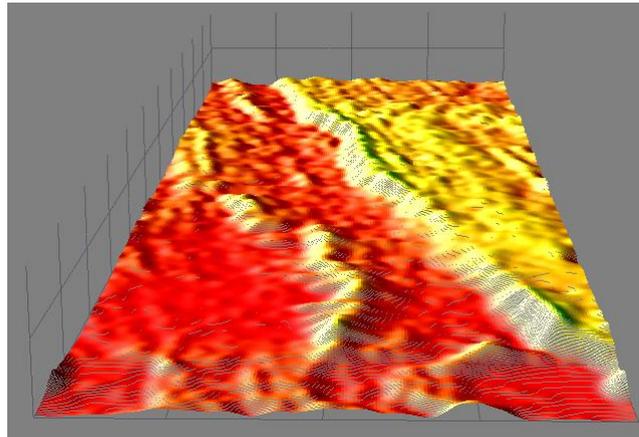


**Fig. 14 –**

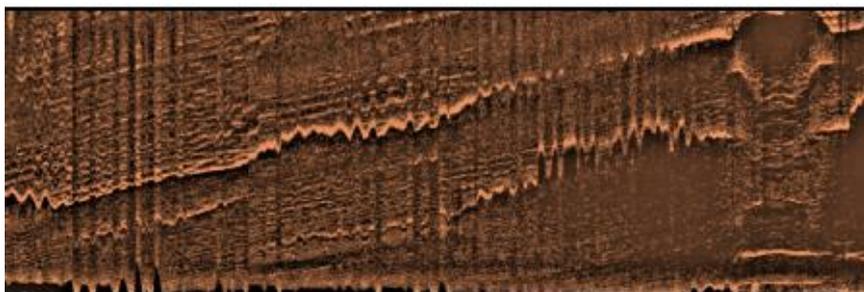
**Transecto de varredura Software DeepView FV 3.0**



**Fig. 15 – Transecto de varredura Software DeepView FV 3.0**



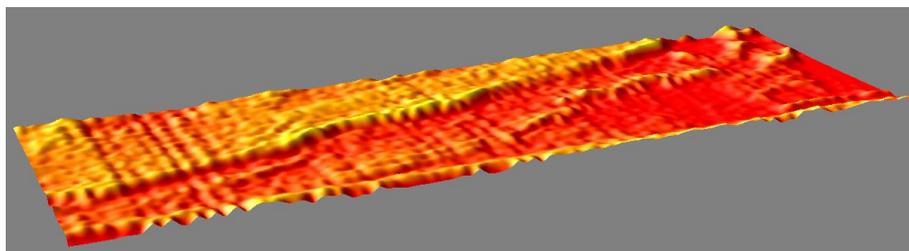
**Figura 17 – Gráfico 3D mesh Software ImageJforXTF**



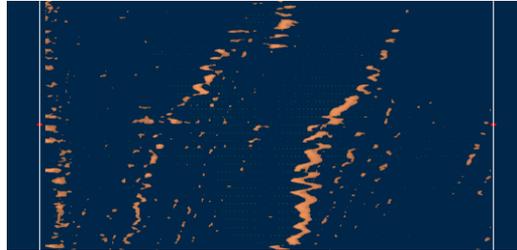
**Figura**

**3D contraste de profundidade Software ImageJforXTF**

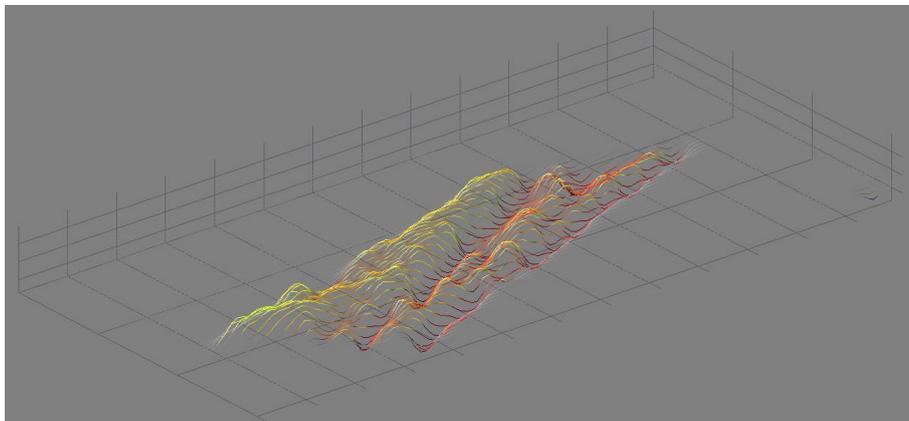
**18 – Gráfico**



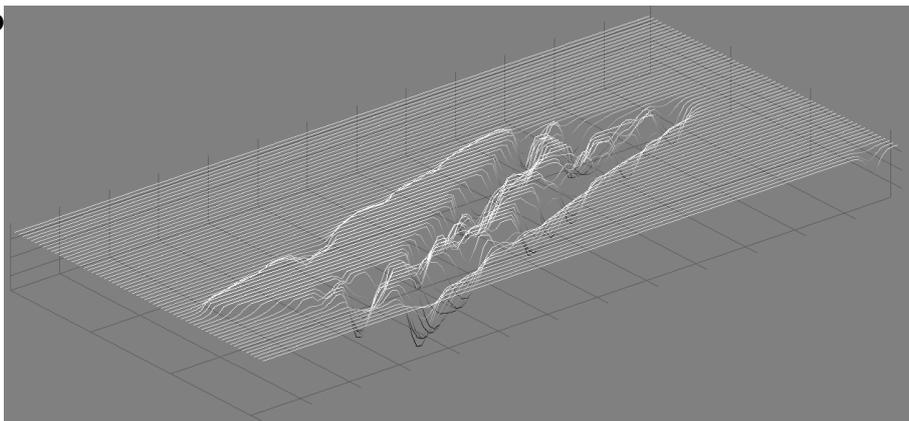
**Figura 19 – Gráfico 3D filled Software ImageJforXTF**



**Figura 20 – Gráfico 3D com filtros. Software ImageJforXTF**



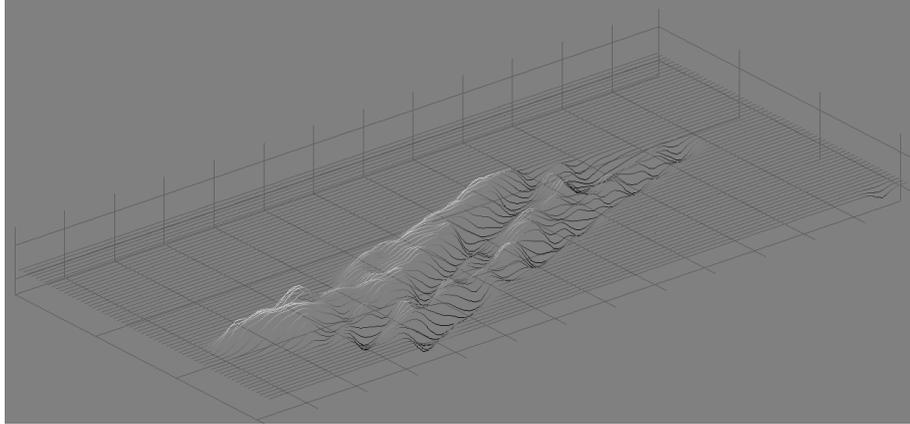
**Figura 21  
Gráfico 3D  
Software**



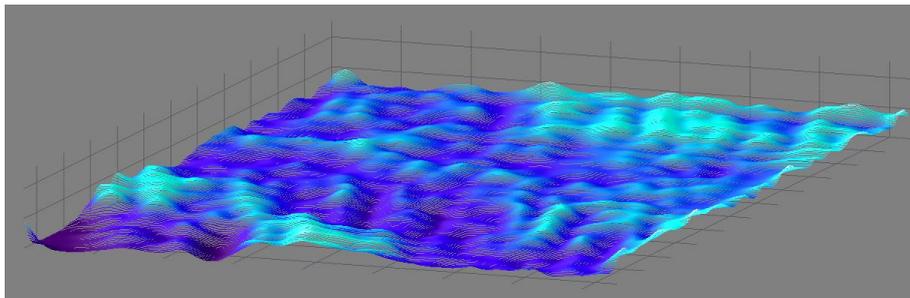
**–  
isolines**

**ImageJforXTF**

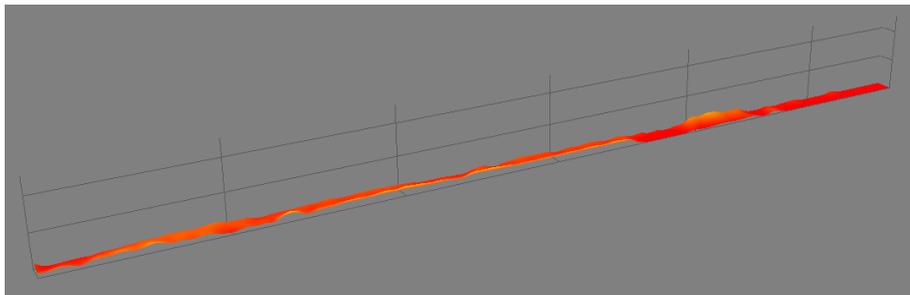
**Figura 22 – Gráfico 3D com filtro em camadas Software ImageJforXTF**



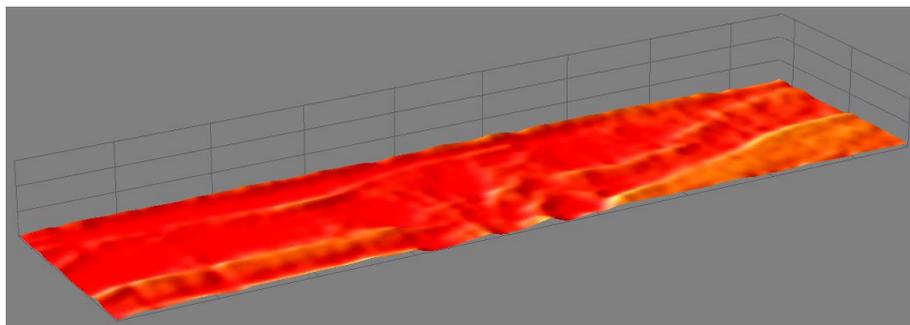
**Figura 23 – Gráfico 3D com filtro em camadas Software ImageJforXTF**



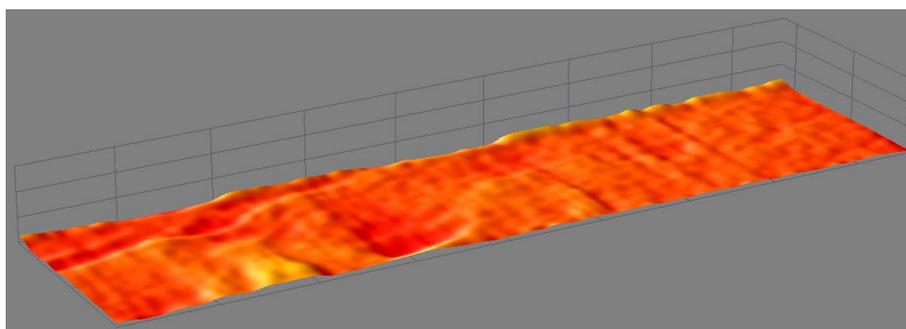
**Figura 24 – Gráfico 3D com filtro em camadas Software ImageJforXTF**



**Figura 25 – Gráfico 3D em mosaico de transecto Software ImageJforXTF**



**Figura 26 – Gráfico 3D de transecto Software ImageJforXTF**



**Figura 27 – Gráfico 3D de transecto Software ImageJforXTF**

### **3. Divulgação Científica**

O rio São Francisco é a principal fonte de renda das comunidades ribeirinhas, mas vem sofrendo ao longo dos anos com a urbanização de suas margens. As comunidades, mesmo com o acesso a informação em suas escolas municipais ainda encontram limitações de acesso tecnológico e de informação, sabendo disso, a embarcação MAGNIFICA foi também um museu itinerante, permitindo aos jovens o contato direto com os pesquisadores e as tecnologias utilizadas durante a expedição, e assim, poder conhecer de perto e entender a importância e funcionamento dos equipamentos de apoio utilizados na expedição. Oportunidade de por exemplo, conhecer o funcionamento do barco-robô Iracema, conhecer e até pilotar um ROV (Remotely operated underwater vehicle), e ver em ação importantes tecnologias de monitoramento e georeferenciamento como GPS, ADV e sonar. Essa proximidade entre pesquisadores e moradores ribeirinhos, permitiu mostrar a essas crianças e adolescentes uma nova perspectiva sobre a importância das tecnologias para a conservação do rio e para o melhor entendimento do que vem acontecendo com o meio ambiente em que vivem ao longo do tempo, muitas vezes por causa da intervenção humana.

Esse momento com as comunidades visivelmente despertou em muitos o interesse pela pesquisa científica, e com certeza trará bons frutos num futuro próximo para essas comunidades.

Se uma “imagem vale mais que mil palavras”, seguem algumas imagens da atuação do grupo na divulgação científica:



Figura 29 – Imagens II Expedição

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além do valor técnico/científico, a participação nas Expedições serviu como primeiro passo em uma colaboração entre o CTI Renato Archer e a UFAL.

Os testes com o barco robótico IRACEMA foram importantíssimos para o futuros desenvolvimentos além de melhorias no equipamento existente. Fato que

corroborar à expertise do grupo para o desenvolvimento de específicos equipamentos para o monitoramento ambiental do Rio São Francisco.

Na primeira ação em Expedição não foi possível extrair com qualidade e quantidade substancial as informações ambientais possíveis pelos sensores embarcados no IRACEMA. As falhas no sistema de comunicação demonstraram a grande necessidade de desenvolver um sistema alternativo de comunicação. Portanto, persiste enorme demanda de melhorias para que o IRACEMA conquiste a autonomia esperada e a capacidade de monitoramento ambiental ideal para as ações científicas no Rio São Francisco.

Os testes com sidescan foram significativos quanto a aquisição de informações, validação do comportamento, plasticidade e robustez dos equipamentos utilizados massivamente durante todos os percursos de deslocamento na II Expedição e especialmente nas inspeções e varreduras no estuário do Rio São Francisco. Armazenou-se grande quantidade de informações que servirão para condução de diferentes abordagens e inferências para o estabelecimento de métodos mais otimizados às ações de pesquisa das Expedições Científicas no Rio São Francisco. Não foi possível reunir o grupo de estudos em função da COVID19, e, conseqüentemente, os resultados apresentados em simples forma de relato foram apenas potenciais. Porém, fica evidente este potencial para o desenvolvimento dos sistemas de ciência remota, pela grande capacidade de aquisição de informações que demandam grandes esforços computacionais em pós-processamento.

Utilização do ROV em atividades lúdico-pedagógicas com estudantes do Ensino Fundamental e Médio foram de grande valia para desmistificar tecnologias avançadas e sua utilização pela comunidade ribeirinha.

- **Agradecimentos:** à Marinha do Brasil e ao Dr. Jorge Vicente Lopes da Silva Diretor do CTI Renato Archer.

## **REFERÊNCIAS**

Software Starfish Scanline.

<https://www.tritech.co.uk/support-software/starfish-seabed-imaging-systems-scanline>

Software ImageJforXTF.

<https://sourceforge.net/projects/imagejforxtf/>

Software DeepView FV 3.0.

<http://deepvision.se/download/sonar-software/>

Buscombe, Daniel. 2016. Shallow water benthic imaging and substrate characterization using recreational-grade sidescan-sonar.

<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.12.003>