Plano de Gestão Ambiental (PGA) – Programa de Monitoramento da Ictiofauna UHE Teles Pires Processo: 02001.006711/2008-79

CLASSIFICAÇÃO: público

Agosto de 2025

Plano de Gestão Ambiental do P XIV - Programa de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires

Data de elaboração: agosto de 2025
Empreendimento: UHE Teles Pires
Empreendedor: Companhia Hidrelétrica Teles Pires S.A.
Processo SEI: 02001.006711/2008-79

- **Responsável pela elaboração**
- CNPJ: 12.810.896/0001-53
- Razão social: Companhia Hidrelétrica Teles Pires.
- Endereço completo: Av. Ariosto da Riva, 2463, sala 03, centro, Município de Alta Floresta, Estado do Mato Grosso, CEP 78.580.000
- E-mail: jcabeza@eletrobras.com / arloiola@eletrobras.com
- Equipe Técnica:

Nome	Formação	Função	Conselho Profissional	CTF IBAMA
Arthur Teixeira Loiola	Engenheiro Florestal	Gestor de Meio Ambiente	CREA/RN 120998664-7	6081079
João Rodrigo Cabeza	Biólogo	Analista Ambiental	CRBIO 86001-01	5383263

Versão	Data	Nº SEI	Responsável	Realizadas
00	30.06.2024	20182008/20183879	UHE Teles Pires	CHTP
01	12.08.2025		UHE Teles Pires	CHTP

Sumário

1. Introdução 5
2. Objetivo 9
3. Responsável pela Implementação do PGA 10
4. Legislação e/ou outros requisitos 11
5. Escopo 12
6. Abrangência 12
7. Avaliação e Monitoramento 12
7.1 Materiais e métodos 12
7.1.1 Área de estudo 12
7.1.1.1 Localização das estações de amostragem 13
7.1.2 Periodicidade das coletas 17
7.1.3. Métodos de captura 17
7.1.4. Dados ambientais 20
7.1.5. Procedimentos em laboratório 20
7.1.6. Análise de dados 23
8. Avaliação e monitoramento 30
8.1 Indicadores de desempenho 30
9. Etapas e Prazos 30
10. Relatórios 31
11. Recursos 31
11.1 Recursos humanos 31
11.2 Recursos materiais 32
12. Parcerias recomendadas 32
13. Interface com outros programas 33
14. Cronograma 34
15. Revisão 35
16. Referências 36
17. Glossário 40
18. Apêndices e anexos 41

1. Introdução

É esperado que os represamentos levem à depleção algumas populações para as quais as novas condições de habitat ofereçam restrições e favoreçam a proliferação de outras que encontrem no novo ambiente as condições de realizar todo o seu potencial de proliferação (Agostinho et al., 2007).

Em geral, as espécies de peixes mais afetadas pelos represamentos são aquelas de maior porte, geralmente de hábito migratório e elevada longevidade. Já a proliferação massiva é constatada principalmente entre as espécies de pequeno porte, sedentárias, com elevado potencial reprodutivo e baixa longevidade (r-estrategistas), e para as quais a disponibilidade alimentar é elevada (Agostinho, 1995).

Assim, alterações na estrutura das assembleias de peixes são eventos inevitáveis, cabendo ao gestor tomar medidas para que isso não resulte em prejuízos irreversíveis para a diversidade regional e/ou na exploração do recurso.

A natureza e a intensidade com as quais a ictiofauna fluvial é alterada pelos represamentos são bastante variáveis entre empreendimento distintos, devendo ser tratadas de forma particular caso a caso. A literatura demonstra que mesmo reservatórios dispostos em série na mesma bacia, embora com interações unidirecionais de montante para jusante, mostram peculiaridades distintas em relação ao processo de colonização e organização das comunidades (Agostinho & Gomes, 1997).

O grau de alteração na estrutura e na dinâmica da biota local depende da morfometria da bacia de captação, da vazão, do padrão de circulação da água, da profundidade, da área, do desenho da barragem e dos procedimentos operacionais. Assim, o entendimento detalhado dessas alterações, a nível local, são demandas indispensáveis para a racionalização das ações de mitigação ou manejo dos recursos (Weithman & Haas, 1982). Nesse contexto, foram conduzidos estudos ictiofaunísticos na região da UHE Teles Pires que servirão de bases para esse documento.

A síntese dos principais resultados desses estudos para o período de 2012 a 2018, concebidos para atender o Plano Básico Ambiental no que se refere à ictiofauna, revelaram tendências de mudanças conforme previsto originalmente (BIOS, 2019). As dificuldades levantadas nessa ocasião para identificar as áreas críticas ao ciclo de vida de espécies migradoras no trecho a montante do reservatório e seus tributários demandaram um maior esforço amostral de ovos e larvas em deriva nos três ciclos reprodutivos subsequentes. Assim, os resultados obtidos desde 2018, além de corroborar as tendências de mudanças indicadas anteriormente, foi importante na identificação dos principais afluentes e pontos da calha principal do rio Teles Pires com relevância para a desova e desenvolvimento inicial dos peixes migradores da baixa (BIOS, 2022). Embora a execução do Programa tenha trazido importantes aportes para o entendimento do sistema e para o seu manejo, é sabido que as alterações impostas por represamentos podem se estender por um tempo prolongado e os sistemas ecológicos estão sujeitos a amplas variações interanuais, demandando monitoramento de longo prazo. De fato, a resposta das assembleias de peixes, que se manifesta, principalmente, através do recrutamento de novos indivíduos e pela mortalidade, ainda está em curso. O efeito temporário do fechamento do reservatório durante a quadra reprodutiva sobre os níveis de recrutamento (simulando uma cheia excepcional), deve ter sido responsável pelos recrutamentos extraordinários de algumas espécies migradoras, tornando essa fase de transição ainda mais duradoura. Diante desse quadro, foi recomendado a continuidade do monitoramento, com alguns ajustes metodológicos no Programa, visando a redução na intensidade das amostragens de ovos e larvas destinadas à identificação das áreas críticas de reprodução, dado que essa identificação já foi realizada. Assim, essa proposta é formulada com base nos resultados já obtidos e nas recomendações do Órgão Ambiental, discutidas na reunião realizada para apresentar os resultados obtidos no período de 2015 a 2022.

Este documento visa atender os encaminhamentos apresentados na Reunião de apresentação para o IBAMA dos resultados do Programa de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires (P.25), em relação a ajustes nos procedimentos

desse Programa. Em 12 de agosto de 2022 foi realizada reunião com a presença da equipe técnica do IBAMA, e consultores das empresas Ichthyology e da BioSystems (Ata da Reunião do IBAMA: No. SEI. 13572377). Nela foi aprovada a continuidade do Programa de Monitoramento da Ictiofauna (P.25) por mais três ciclos reprodutivos (2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025) e elencadas algumas medidas de conservação, as quais são apresentadas nos próximos tópicos. A versão atual é baseada na versão encaminhada ao IBAMA por meio da Carta CHTP 062/2023 (SEI 15309803 em resposta ao Ofício 074/2023/COHID/CGTEF/DILIC e ao Parecer 031/2023-COHID/CGTEF/DILIC.

De um modo geral, esse Programa (P.25) continuará a ser executado nos moldes que está sendo executado desde 2019, mantendo inalterado os objetivos. As modificações realizadas mantêm o foco do Programa com foco no monitoramento das variações na composição, abundância e distribuição, além de aspectos bioecológicos, das diferentes fases ontogenéticas de peixes, incluindo ovo/larvas, juvenis e adultos. Dessa maneira o caráter de estudo-monitoramento do Programa ficou mais restrito ao monitoramento, dado que as informações almejadas pelo estudo foram obtidas com sucesso nos três anos anteriores.

A Reunião realizada no dia 22 de agosto de 2022 e que contou com a participação do IBAMA, CHTP e consultores, teve como pauta (i) a apresentação dos resultados do Programa de Monitoramento da Ictiofauna no período de 2015 a 2022; (ii) definições em relação as etapas futuras da ictiofauna, e (iii) análise e definições do Programa de Monitoramento da Ictiofauna Indígena, sendo essa última postergada para uma nova reunião.

Os resultados apresentados revelaram a continuidade do processo de sucessão na ictiofauna na área de influência da UHE Teles Pires, com as alterações mais relevantes ocorrendo nas áreas mais internas do reservatório, como previsto. Os estudos realizados no último triênio, envolvendo distribuição de ovos, larvas e juvenis, com o auxílio de ferramentas da biologia molecular, foram bem-sucedido na identificação das áreas críticas para a conservação das populações de peixes migradores na região.

Embora todo o segmento da bacia a montante do reservatório tenha importância no recrutamento de novos indivíduos aos estoques de peixes, cabe destacar os trechos a montante da foz do rio Cristalino, especialmente o rio Peixoto Azevedo e o segmento do rio Teles Pires acima de sua foz, como crítica áreas críticas para a desova dessas espécies. Já, em relação às áreas importantes para o desenvolvimento dos juvenis, destacaram-se o próprio rio Teles Pires, nas imediações da foz do rio Cristalino e Santa Helena, o trecho de transição para o reservatório e mesmo as áreas internas do reservatório e rio Paranaíta. Esse quadro indica que um dos tributários mais relevantes para a conservação de peixes migradores no remanescente livre do rio Teles Pires, o rio Peixoto Azevedo, embora tenha sua fauna de peixe e qualidade da água amplamente desconhecida, apresenta claros sinais de degradação pela atividade de mineração e agropecuária. O reconhecimento das vulnerabilidades ambientais nessa bacia deve ser o próximo passo na gestão da ictiofauna e uma meta a ser alcançada no próximo triênio.

Outro resultado que mereceu destaque no período é o do monitoramento da qualidade do pescado, que revelou concentrações preocupantes de mercúrio no pescado, incluindo espécies consumidas pelas comunidades da região. Isso justificativa a urgência na divulgação desses resultados e incorporá-los em trabalhos de educação ambiental.

Os ajustes ora apresentados no Programa de Monitoramento da Ictiofauna (P25) têm, como meta adequá-lo a essas demandas, considerando o alcance, no último triênio, dos objetivos propostos na identificação das áreas críticas. Ressalta-se que esses ajustes foram objeto de discussão e aprovação na Reunião realizada para a apresentação dos resultados do Programa no último trimestre.

Outros aspectos discutidos nessa Reunião serão viabilizados no âmbito da gestão e manejo sendo esses explicitados no Anexo 2 desse Programa e seus resultados apresentados nos próximos relatórios. Entre esses se destacam (i) publicização do grau de contaminação de peixes por mercúrio; (ii) estado do conhecimento da bionomia, manejo e distribuição das espécies ameaçadas; (iii) avaliação da viabilidade de agregar valor ao pescado *Pterodoras granulosus*; (iv) avaliação do estado de conservação da bacia do rio Peixoto de Azevedo.

Considera-se ainda o Parecer Técnico nº 125/2021-COHID/CGTEF/DILIC de 05/07/2021 (SEI nº. 10315428), que encerrou o Programa de Investigação Genética da Ictiofauna. O parecer recomendou ainda que os estudos de investigação genética sejam realizados com intervalos mínimos de 10 anos e máximos de 15 anos. O parecer aponta que esse acompanhamento se faz necessário pois os efeitos da antropização em ambientes naturais podem-se dar em intervalos longos, principalmente quando se trata de avaliações de possíveis alterações genéticas de populações. Portanto, futuras revisões do Programa de Monitoramento da Ictiofauna deverão prever com base nos resultados do programa, novo estudo de investigação genética entre os anos de 2031 e 2036.

Foi considerado ainda o Parecer Técnico referente a Análise De Requerimento de Renovação de Licença de Operação sem Solicitação de Complementações N° 1, que subsidiou a emissão da Licença de Operação 1272/2024 – 2ª Renovação, de abril de 2025.

Destaca-se que nova versão deste programa será apresentada ao IBAMA para atender às recomendações elencadas durante o Seminário de Resultados do Programa de Monitoramento da Ictiofauna, realizado na sede da COHID/IBAMA em Brasília em 05 de agosto de 2025, com destaque para a continuidade do programa e os ajustes metodológicos para os próximos ciclos de monitoramento.

2. Objetivo

Este Programa tem como objetivo principal gerar informações que permitam avaliar as alterações na estrutura, distribuição, abundância, biologia e ecologia da comunidade íctica, decorrentes das mudanças associadas à implantação da UHE Teles Pires. A execução deste programa subsidiará a proposição de medidas de manejo a serem aplicadas às populações de peixes, seus habitats e/ou formas de exploração visando a mitigação de eventuais impactos.

Os objetivos específicos deste Programa são:

- Dar sequência ao inventário da ictiofauna da bacia do rio Teles Pires, incrementando o conhecimento taxonômico dessa fauna;
- Monitorar as alterações na comunidade íctica no reservatório, a jusante e a montante do eixo da UHE Teles Pires, após a formação do reservatório;
- Acompanhar os teores de mercúrio total (Hg-T) e metil mercúrio (MeHg), principalmente nas espécies piscívoras de topo de cadeia e as detritívoras, propondo medidas mitigadoras e/ou ações para a publicização, caso demandadas pelos resultados;
- Monitorar as áreas identificadas de desova e desenvolvimento inicial com relevância ao recrutamento de espécies migradoras;
- Ratificar a importância relativa do trecho do rio Teles Pires a montante do reservatório como locais de desova de espécies migradoras da região;

  Ampliar a identificação das espécies migradoras que se utilizam dos rios Santa Helena, Taxidermista, Cristalino e Peixoto Azevedo e o trecho a montante da foz desses rios como área de desova.
- Monitorar o deslocamento dos ovos e larvas de peixes ao longo do reservatório e avaliar as variações anuais nesses deslocamentos.
- Elencar medidas de conservação para a ictiofauna.
- Monitorar os pescadores profissionais identificados por meio da atualização do Cadastro Socioeconômico de 2012 atuantes no reservatório da UHE Teles Pires.

3. Responsável pela Implementação do PGA

O responsável pela execução do Programa de Monitoramento da Ictiofauna é a Companhia Hidrelétrica Teles Pires por meio da contratação de consultoria ambiental especializada para execução das atividades.

Responsável	Atividade
Coordenador geral:	Especialista com experiência de pelo menos cinco anos em atividades de campo, laboratório e no monitoramento de ictiofauna em

	reservatórios sendo responsável pelos trabalhos de campo e laboratório, pela elaboração de relatórios, respondendo técnica e gerencialmente pelo andamento dos trabalhos.
Biólogo	Biólogos (3) com experiência em estudos de ecologia (comunidades, populações, impactos) e biologia de peixes (alimentação, reprodução, ovos e larvas), e desenvoltura com taxonomia de peixes.
Técnicos Auxiliares	Técnicos/auxiliares (7) responsáveis pela parte operacional de captura, triagem e fixação/acondicionamento de peixes em campo e auxílio no processamento do material biológico em laboratório. Nessa equipe é demandado pelo menos dois pescadores com experiência nas artes de pesca a serem empregadas e outro na tomada de dados físicos e químicos da água, bem como no acondicionamento e etiquetagem de amostras.

4. Legislação e/ou outros requisitos

O presente Programa tem como base legal a Instrução Normativa do IBAMA n° 146, de 10 de janeiro de 2007, que considera o Artigo 225, parágrafo 1º, inciso VII da Constituição da República Federativa do Brasil; o Artigo 1º da Lei N° 5.197, de 03 de janeiro de 1967; o Artigo 1º, inciso III, e o Artigo 4º, inciso V, parágrafo 2º, da Resolução CONAMA n° 237, de 16 de dezembro de 1997; e o Artigo 15 do Decreto No 5.718, de 13 de março de 2006. Essa Instrução Normativa estabelece os critérios para procedimentos relativos ao manejo da fauna silvestre em áreas de influência de empreendimentos e atividades considerados efetiva ou potencialmente causadores de impactos à fauna sujeitas ao licenciamento ambiental, como definido pela Lei n° 6938/81 e pelas Resoluções CONAMA n° 001/86 e n° 237/97.

O programa de Monitoramento da Ictiofauna deve ser executado mediante concessão da respectiva ABIO - Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico, conforme Instrução Normativa 8/2017 emitida pelo IBAMA.

5. Escopo

O Programa de Monitoramento da Ictiofauna é executado no âmbito do reservatório da UHE Teles Pires em trechos a montante e jusante do reservatório na fase de Operação da Usina em conformidade com a Licença de Operação 1272/2014 e suas renovações e retificações, bem como respectivas ABIO.

6. Abrangência

O Programa de Monitoramento da Ictiofauna é executado no âmbito do reservatório da UHE Teles Pires, em trechos a montante do reservatório nos rios Teles Pires, Santa Helena, Taxidermista, Cristalino e Peixoto de Azevedo e em trecho imediatamente a jusante da Usina.

7. Avaliação e Monitoramento

7.1 Materiais e métodos

7.1.1 Área de estudo

A abrangência espacial do Programa de Monitoramento da Ictiofauna se estende pela área de influência direta (AID) e na área de influência indireta (AII) definidas no EIA-RIMA da UHE Teles Pires (EPE/LEME – CONCREMAT, 2009) e atendendo às recomendações do Parecer Técnico N°168-18-76-85/SEI/IBAMA – 3977949. Essas áreas incluem as regiões a montante e o trecho imediatamente a jusante do eixo do barramento. É importante ressaltar que, pelas razões já explicitadas, as atividades de monitoramento serão dirigidas predominantemente aos trechos a montante do eixo da barragem, sendo mantida apenas uma estação de amostragem a jusante.

A AID inclui a região a jusante, entre o remanso da UHE São Manoel até o eixo do barramento, na cachoeira Sete Quedas, e a região a montante do reservatório, até a altura da foz do rio Santa Helena (ver Anexo 1). Entretanto, face ao fato de algumas espécies terem suas áreas de vida extensiva a trechos superiores, o trecho a ser amostrado a montante se estenderá até a altura do rio Cristalino para

ovos e larvas, jovens e adultos e o rio Peixoto Azevedo para os ovos e larvas.

7.1.1.1 Localização das estações de amostragem

Os locais de amostragem que deverão ser utilizados no Programa de Monitoramento da Ictiofauna serão os mesmos operados anteriormente no Programa de Estudos e Monitoramento da Ictiofauna, já realocados para o período de pós-enchimento do reservatório da UHE Teles Pires (subprogramas de Monitoramento da Ictiofauna e de Coletas Adensadas e Biologia Molecular). Estas mudanças no PBA (2014) foram avaliadas e aprovadas pelo IBAMA e representaram readequações ao novo cenário, com o objetivo de melhor subsidiar o manejo da Ictiofauna.

Para a captura de jovens e adultos serão operadas 10 estações de amostragem, localizadas a jusante das corredeiras de Sete Quedas (1), na área mais interna do reservatório (2), nas imediações das antigas corredeiras do Jaú, trecho intermediário do reservatório (3), trecho alagado do rio Paranaíta (4), trecho lótico acima do remanso do reservatório no rio Paranaíta (5), remanso do reservatório nas imediações da balsa do Cajueiro (6), rio Teles Pires, a montante do reservatório, nas imediações da foz do rio Santa Helena (7), rio Teles Pires, a montante do reservatório, nas imediações da foz do rio Taxidermista (8), trecho do rio Cristalino, aproximadamente 6 km da foz (9) do rio Teles Pires e a montante do reservatório, nas imediações da foz do rio Cristalino (10) (Tab. 1; Fig. 1).

Tabela 1. Localização e descrição das estações de amostragem a serem operadas no Programa de Monitoramento da Ictiofauna (jovens e adultos), na área de influência do reservatório da UHE Teles Pires.

Estação de amostragem	Localização Coordenadas (UTM)	Descrição da área
1	Rio Teles Pires 523415 E, 8970133 S	Trecho do Rio Teles Pires localizado logo a jusante das corredeiras de Sete Quedas, portanto abaixo do eixo da barragem da UHE Teles Pires.

Estação de amostragem	Localização Coordenadas (UTM)	Descrição da área
2	Rio Teles Pires 525504 E, 8960891 S	Trecho do Rio Teles Pires que se posiciona imediatamente a montante das Sete Quedas, ou seja, na área mais interna do reservatório, nas imediações da barragem.
3	Rio Teles Pires 531981 E, 8964004 S	Localizado logo a montante das antigas corredeiras do Jaú no rio Teles Pires, que apresentava áreas de rápidos e remansos. Localiza-se na zona de transição do reservatório da UHE Teles Pires.
4	Rio Paranaíta 538393 E, 8937664 S	Trecho alagado do rio Paranaíta pelo reservatório da UHE Teles Pires, localizado a montante da rodovia MT-206.
5	Rio Paranaíta 540138 E, 8902048 S	Trecho localizado a cerca de 50 km a montante da rodovia MT-206, a jusante de outra estrada vicinal que liga a zona rural à sede do município de Paranaíta, a montante do remanso do reservatório da UHE Teles Pires
6	Rio Teles Pires 556050 E, 8955046 S	Localizado no rio Teles Pires, próximo à área de travessia de uma balsa Cajueiro, área de remanso do reservatório da UHE Teles Pires.
7	Teles Pires- Santa Helena 575745 E, 8942775 S	Trecho localizado na confluência dos rios Santa Helena e Teles Pires, a montante do remanso do reservatório da UHE Teles Pires.
8	Teles Pires-Taxidermista 588270 E, 8936274 S	Trecho localizado na confluência dos rios Taxidermista e Teles Pires, a montante do reservatório da UHE Teles Pires.
9	Rio Cristalino 617192 E, 8937870 S	Trecho localizado no rio Cristalino, distante cerca de seis quilômetros da foz no rio Teles Pires
10	Teles Pires-Cristalino 617192 E, 893787S	Trecho localizado na confluência dos rios Cristalino e Teles Pires, a montante do reservatório da UHE Teles Pires.

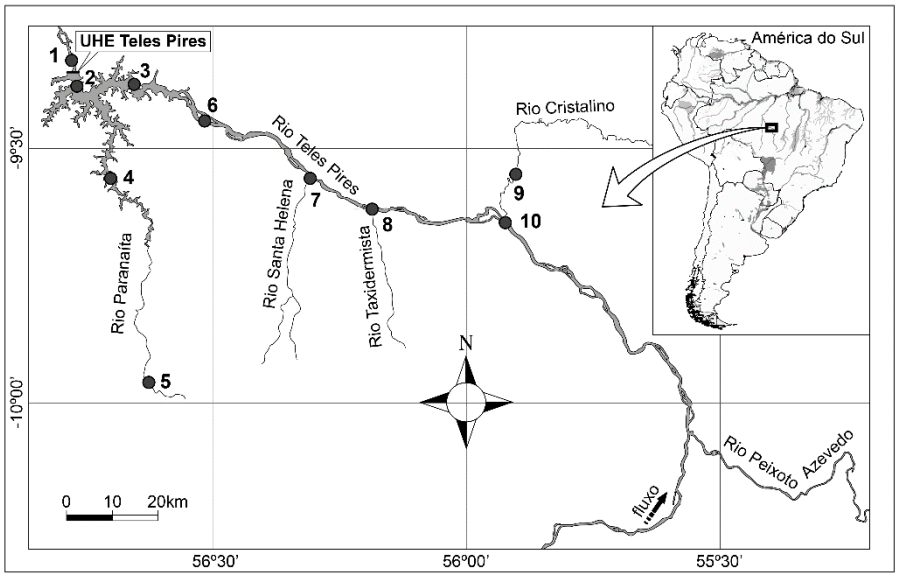


Figura 1. Mapa mostrando a alocação das estações de amostragem de jovens e adultos do Programa "Monitoramento da Ictiofauna" na área de influência da UHE Teles Pires e trecho a montante.

Capturas de ovo e larva no plâncton serão realizadas em sete estações de amostragem, sendo seis delas coincidentes com as de jovens e adultos (1, 2, 3, 7, 8 e 10), e uma exclusiva para essa fase de desenvolvimento no rio Peixoto (11) – Fig.2; Tab. 2. Ressalta-se, ainda, que as estações de amostragem do ictioplâncton de número 7, 8, 10 e 11, localizadas na foz de tributários, são divididas em dois pontos cada, visando a discriminação dos ovos e larvas em deriva em cada tributário e no rio principal, o rio Tele Pires, imediatamente acima da foz com o tributário.

Tabela 2. Localização e descrição das estações de amostragem de ovos e larvas (ictioplâncton) a serem operadas no Programa de Monitoramento da Ictiofauna, na área de influência do reservatório da UHE Teles Pires.

Estação de amostragem	Localização Coordenadas (UTM)	Descrição da área
1	Rio Teles Pires 523415 E, 8970133 S	Trecho do Rio Teles Pires localizado logo a jusante das corredeiras de Sete Quedas, portanto abaixo do eixo da barragem da UHE Teles Pires.
2	Rio Teles Pires 525504 E, 8960891 S	Trecho do Rio Teles Pires que se posiciona imediatamente a montante das Sete Quedas, ou seja, na área mais interna do reservatório, nas imediações da barragem.

Estação de amostragem	Localização Coordenadas (UTM)	Descrição da área
3	Rio Teles Pires 531981 E, 8964004 S	Localizado logo a montante das antigas corredeiras do Jaú no rio Teles Pires, que apresentava áreas de rápidos e remansos. Localiza-se na zona de transição do reservatório da UHE Teles Pires.
7 (7A e 7B)	Teles Pires-Santa Helena 7A: 577451 E, 8942740 S 7B: 575745 E, 8942775 S	Trecho localizado na confluência dos rios Santa Helena e Teles Pires, a montante do remanso do reservatório da UHE Teles Pires. Serão operados dois pontos, sendo esses posicionados dentro do rio Santa Helena (A) e no rio Teles Pires (B), a montante da foz desse tributário.
8 (8A e 8B	Teles Pires-Taxidermista 8A-591190 E, 8936457 S 8B: 588270 E, 8936274 S	Trecho localizado na confluência dos rios Taxidermista e Teles Pires, a montante do reservatório da UHE Teles Pires. Serão operados dois pontos, sendo esses posicionados dentro do rio Taxidermista (A) e no rio Teles Pires (B), a montante da foz desse tributário.
10 (10A e 10B)	Teles Pires-Cristalino 10A: 618315 E, 8934023 S 10B: 617192 E, 893787S	Trecho localizado na confluência dos rios Cristalino e Teles Pires, a montante do reservatório da UHE Teles Pires. Serão operados dois pontos, sendo esses posicionados dentro do rio Cristalino (A) e no rio Teles Pires (B), a montante da foz desse tributário.
11 (11A e 11B)	Teles Pires–Peixoto Azevedo 7A-658149 E, 8886780 S 7B-660072 E, 8886391 S	Trecho a montante do reservatório, na confluência do rio Peixoto Azevedo, sendo composto por dois pontos de amostragem, sendo um posicionado dentro do tributário (A) e outro no rio Teles Pires (B), a montante da foz desse tributário.

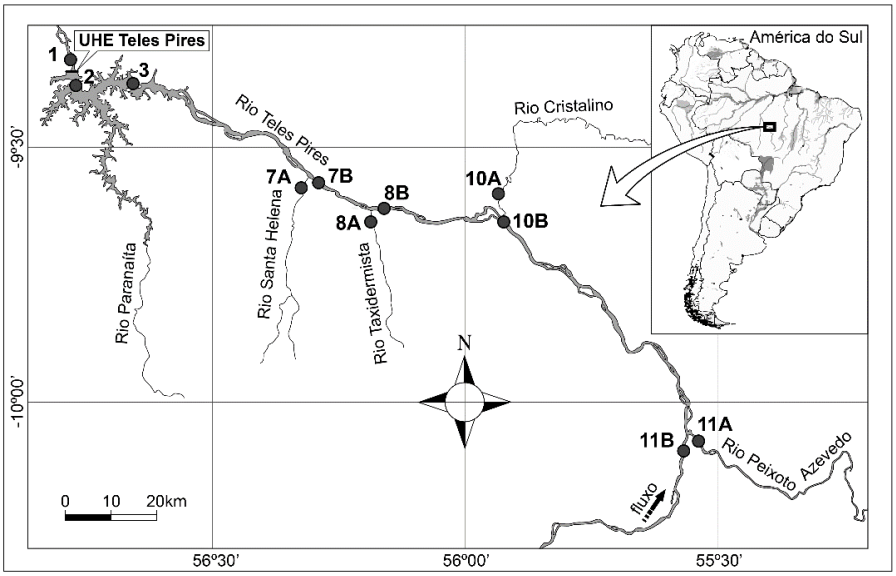


Figura 2. Mapa mostrando a alocação das estações de amostragem de ovos e larvas (ictioplâncton) do Programa "Monitoramento da Ictiofauna" na área de influência da UHE Teles Pires e trecho a montante.

7.1.2 Periodicidade das coletas

As amostragens de jovens e adultos (ictiofauna) serão realizadas trimestralmente, durante um dia em cada estação de amostragem e considerando os ajustes já mencionados. Aquelas de ovos e larvas à deriva (ictioplâncton) deverão ocorrer durante a quadra reprodutiva, ou seja, no período de novembro a fevereiro, com periodicidade mensal e duração de 13 horas em cada estação de amostragem. Ambas as modalidades de amostragem deveram ser mantidas durante três ciclos reprodutivos (três anos).

7.1.3. Métodos de captura

- **Ictiofauna (jovens e adultos)**

Para o monitoramento da ictiofauna serão utilizados os mesmos petrechos de coleta utilizados em levantamentos anteriores, ou seja, baterias de redes malhadeiras com diferentes tamanhos de malhas (24, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200 e 240 mm entre nós opostos), rede de arrasto (malha 5,0 mm, com dimensões aproximadas de 20 m x 1 m), peneirões (com malha 2 mm), tarrafas (malhas 40 e 60 mm entre nos opostos), espinhéis (30 anzóis) e anzol e linha.

O esforço amostral em cada estação de amostragem também deve seguir, minimamente, o utilizado nos anos anteriores. Assim, em cada ponto de amostragem as redes de espera (20 m x 2,0 m) deverão permanecer expostas por 24 horas com três despescas, contemplando os horários das 8:00, 16:00 e 22:00 horas, e nas estações mais internas do reservatório, as amostragens deverão ser realizadas no fundo e na superfície das áreas abertas, além do biótopo marginal ou litorâneo, ou seja, contemplando três baterias por estação. Para as amostragens de fundo recomenda-se verificar nos mapas de remoção prévia da vegetação, as áreas mais favoráveis para a instalação de redes. Essas redes devem ter características físicas específicas para operação no fundo, ou seja, para se sustentar estendida no fundo (relação boia-chumbo).

Redes de arrasto serão operadas em cada ponto de amostragem, nas áreas rasas de remansos, praias, áreas alagadas ou lagoas, sendo estimada, em cada local, a área arrastada. Esse é um dos equipamentos destinados à coleta de jovens do ano e espécies forrageiras.

Os peneirões serão artes de pesca operadas de forma padronizada em áreas rasas e estruturadas (macrófitas, pedrais, áreas alagadas, remansos, etc.), também visando a captura de juvenis, sendo registrado o número de lances em cada operação.

Tarrafas serão utilizadas em ambientes de águas mais rápidas e pedrais, sendo também registrado o número de lances utilizados em cada operação.

Espinheis e/ou varais, a critério do amostrador, com 50 m de comprimento, com 30 anzóis (12/0 e 10/0), serão instalados em cada estação de amostragem por período de 24 horas, com despesca a intervalos similares aos das redes de espera ou malhadeiras.

Os exemplares capturados deverão ser acondicionados em sacos plásticos com etiqueta contendo anotações sobre o local de amostragem, tipo de aparelho de pesca, malhagem ou anzol e turno de captura.

- **Ictioplâncton (ovos e larvas à deriva)**

As amostras serão obtidas com o auxílio de redes de plâncton com formato cônico-cilíndrico de malha 0,5 mm, às 21:00h, 01:00h, 05:00h e 9:00h. Essas redes são constituídas por uma tela de náilon presa pela sua extremidade proximal, através de uma lona, a um aro metálico, que por sua vez se conecta por três cordas a um cabo. A extremidade distal é dotada de um copo coletor. Um medidor de fluxo é instalado no centro da boca da rede (50 cm de diâmetro), que deverá fornecer, pelo número de rotação e os dados da área da boca, o volume filtrado.

Nos biótopos de baixo fluxo (reservatório), as amostras serão obtidas ativamente com arrastos subsuperficiais, realizados durante 10 minutos (ajustado ao nível de transparência ou material particulado em suspensão), com deslocamentos transversais na seção. Nos tributários, com águas rápidas e seção transversal mais estreita, serão realizadas coletas passivas, sendo instaladas três redes

estacionárias distribuídas na margem direita, no centro e na margem esquerda, para a amostragem do ictioplâncton em deriva. Essas redes estacionárias poderão ser posicionadas na seção, com o auxílio de uma corda transversal ao rio, sendo a posição da rede na coluna regulada por cabos e depressores (poitas). Alternativamente, naqueles ambientes do rio Teles Pires com águas lóticas e seção transversal muito larga as amostragens poderão ser passivas, também realizadas na seção transversal com deslocamentos lentos, nas duas margens e no centro. Além das três amostras superficiais, deverão ser realizadas amostras de fundo com redes de mesmo tipo instaladas em estrutura tipo trenó (Nakatani et al., 2001) e operadas em arrastos ou passivamente (estacionária), dependendo da velocidade da água. As amostras obtidas de cada estação (superfície e fundo) serão combinadas em amostra única para cada local e horário, somando-se os volumes filtrados.

Durante as operações de amostragem deverá ser aferido o funcionamento correto da rede, seja por observação visual de ocorrência de refluxo da água, seja pela aferição do número de rotações do fluxômetro. Nas amostras em que se constatar esse refluxo ou um número baixo de rotações, a operação de amostragem deve ser repetida, após a limpeza da rede, diminuindo-se o tempo de exposição para até três minutos. A persistência do problema com a operação no tempo mínimo (água muito túrbida) justificará mudanças nos procedimentos como a coleta de uma mesma amostra em três operações de um minuto.

As amostras obtidas serão acondicionadas em frascos de 500 ml e fixadas em formol 4%, tamponado com carbonato de cálcio, para processamento posterior. Uma amostra adicional em cada horário e local deverá ser obtida e destinada à identificação dos táxons capturados, com o auxílio de ferramentas moleculares (genética ou DNA barcoding). Para isso, as amostras deverão ser armazenadas em álcool 98%, imediatamente após serem obtidas. Deverá se observar uma proporção igual ou superior a três partes de álcool para uma de amostra (suspensão). Recomenda-se que, tão logo seja possível, essas amostras sejam mantidas em ambiente refrigerado.

- **Mercúrio**

As amostras de peixes a serem obtidas para a determinação dos teores de mercúrio total e metil-mercúrio serão compostas, minimamente, por 100 exemplares por ano, distribuídos nos pontos a jusante e a montante da barragem. Essas deverão contemplar espécies caracteristicamente piscívoras, onívoras e detritívoras, em proporção similar, com foco naquelas que compõem o desembarque da pesca profissional da região (cachara *P. punctifer* ou jaú *Z. zungaro*, pescada *P. squamosissimus*, matrinchã *B. falcatus* e curimba *P.nigricans*). Os peixes que comporão essas amostras podem ser resultantes da pesca experimental empregada nesse monitoramento ou de aquisições a partir dos pescadores ou do comércio, desde que sua procedência possa ser comprovada. Os peixes deverão ser mantidos resfriados em campo e armazenados o mais rápido possível em congeladores (-18ºC).

7.1.4. Dados ambientais

Em cada um dos 10 pontos de amostragem da ictiofauna serão obtidos dados de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, transparência e temperatura da água. Esses dados serão aferidos ao amanhecer, anoitecer e à noite, durante a instalação e revistas. Nos horários de instalação e ao final da operação (amanhecer e entardecer) serão registrados os dados de transparência da água, medido com disco de Secchi e das condições meteorológicas aparentes (chuva, vento e nebulosidade). Esses dados auxiliarão na compreensão dos fatores intervenientes na captura ou abundância das espécies de peixes.

7.1.5. Procedimentos em laboratório

- **Ictiofauna**

Todos os peixes capturados serão identificados, medidos (comprimento total e padrão, em milímetro), pesados (em décimo de grama).

Excetuando-se aqueles indivíduos destinados às Coleções de Ictiológica de Museu, todos os demais serão dissecados, os estômagos e gônadas classificados conforme

o grau de repleção e estádio de maturação, respectivamente e pesados (em décimo de grama). Indivíduos muito abundantes nas amostras poderão ser subamostrados (30 indivíduos/amostra) para a dissecação, sendo os demais apenas medidos e pesados. Assim, de cada exemplar capturado serão registrados os seguintes dados: (1) data e estação de amostragem - coordenadas, (2) aparelho de pesca e turno de captura, (3) número do exemplar, (4) espécie, (5) comprimento total –0,1cm, (6) comprimento padrão – cm, (7) peso total – 0,1g, (8) sexo e estádio de maturação gonadal, (9) grau de repleção gástrica, (10) peso das gônadas – 0,01g, e (11) peso do estômago – 0,01g. Especificações acerca da posição dos aparelhos de pesca nas estações localizadas na área do reservatório serão igualmente registradas.

O grau de repleção gástrica, que indica o estado de enchimento dos estômagos, será atribuído conforme a seguinte escala:

GRAU 0 = estômago completamente vazio,
GRAU 1 = estômago parcialmente vazio,
GRAU 2 = estômago parcialmente cheio, e
GRAU 3 = completamente cheio.

Os conteúdos estomacais serão examinados sob microscópio estereoscópico e os itens identificados ao menor nível taxonômico possível. Estas análises serão realizadas de acordo com os métodos de frequência de ocorrência e volumétrico. Os percentuais obtidos com esses métodos serão combinados no Índice Alimentar (IAi).

O estádio de desenvolvimento gonadal será determinado macroscopicamente, levando-se em consideração suas características relacionadas a cor, transparência, vascularização superficial, flacidez, tamanho e posição na cavidade abdominal e, no caso dos ovários, o grau de visualização dos ovócitos (Bazzoli, 2003).

- **Ictioplâncton**

Em laboratório as amostras fixadas em solução de formol passarão por três processos, ou seja, (i) a triagem, que consiste na separação dos ovos e larvas de outros organismos e detritos, feita sob microscópio estereoscópio, sendo as amostras colocadas em placa de Petri ou de acrílico do tipo Bogorov; (ii) a identificação, que consiste na separação das larvas nos níveis taxonômicos mais

inferiores possível, mediante análise morfométrica e merística. As descrições, chaves e ilustrações publicadas na literatura servirão para esse propósito, podendo ser citados os trabalhos de Ahlstrom & Ball (1954), Kendall Jr. et al. (1984) e Nakatani et al. (2001); e (iii) a contagem. A identificação direta de ovos não é uma tarefa possível, exceto se realizada com recursos da biologia molecular

Para a estimativa da densidade de ovos e larvas será necessário, antes, estimar o volume de água filtrada, obtido a partir da área da boca da rede e do fluxo da água medido pelo fluxômetro, através da seguinte fórmula:

$$V = a \times n \times c$$

onde:
V = volume de água filtrado (m^3);
a = área da boca da rede (m^2);
n = número de rotações do fluxômetro;
c = fator de calibração do fluxômetro (especificação do fabricante).

O cálculo da área da boca da rede é obtido através da fórmula:

$$a = \pi \times r^2$$

onde:
a = área da boca da rede;
π = constante (3,1416).
r = raio

As amostras fixadas em álcool e destinadas à identificação molecular das espécies deverão ter os ovos e larvas de peixes separados dos demais componentes da amostra logo após o retorno de campo. A proporção dos morfotipos de larvas na amostra será registrada, sendo os ovos, as larvas no estágio larval vitelino e as demais larvas separadas. Esse material biológico pode ser armazenado em álcool 98% e a -20º C até o processamento. Além da identificação específica dos ovos e larvas em início de desenvolvimento (larval vitelino), impraticável com técnicas morfológicas, esse processamento deverá fornecer as indicações e comprovações dos táxons atribuídos às larvas nas amostras preservadas em formol, auxiliando

na avaliação da abundância e distribuição das espécies.

Para os ovos e larvas em estágio larval vitelino, deverá ser utilizada identificação molecular através de Metabarcoding, que é a identificação em massa. As amostras de diferentes horários serão reunidas em uma única amostra. Assim, serão enviadas amostras de ovos por local e mês. As amostras de larvas também serão separadas por local e mês para identificação em massa.

Já para as larvas em estágios posteriores de desenvolvimento, deverá ser feita a identificação taxonômica e posteriormente algumas larvas serão enviadas para confirmação através de sequenciamento de Sanger. Esse procedimento visa auxiliar na identificação taxonômica e assim as amostras acondicionadas em formol também deverão ser comparadas às enviadas para identificação molecular.

A extração de DNA, bem como sua amplificação e sequenciamento além de análises dos produtos de PCR e das sequências, serão realizadas conforme metodologia de rotina em laboratórios especializados, assegurando alto grau de pureza do DNA e posterior identificação segura a nível de espécie.

- **Mercúrio**

No laboratório de ictiologia, os peixes amostrados para a determinação de mercúrio total e metil-mercúrio devem ser lavados em água corrente, eviscerados, retirado o excesso de água, acondicionados em sacos plásticos e mantidos em congeladores na temperatura de -18ºC até o momento de sua preparação (abertura) e análise em laboratório especializado e com certificação.

7.1.6. Análise de dados

- **Variáveis abióticas e Ictiofauna**

As variáveis físicas e químicas da água (características limnológicas) serão analisadas em relação as suas variabilidades espaciais e temporais, sempre dando ênfase às possíveis alterações decorrentes do represamento e de limiares restritivos a presença de peixes. Para as estações localizadas na área do reservatório será avaliada a variabilidade em relação aos estratos amostrados

(margem, superfície e fundo). Médias e uma medida de dispersão (ex.: desvio padrão) serão utilizadas para essas avaliações espaciais ou temporais.

Para avaliar a variabilidade nas escalas espacial e temporal das características limnológicas simultaneamente será utilizada uma análise multivariada (de ordenação), possivelmente a análise de componentes principais (PCA; Gauch Jr., 1984). As variáveis que mais influenciam a PCA serão determinadas através dos autovetores (correlação ou coeficientes de estrutura) que representam as variáveis originais. Os escores da PCA serão gerados e utilizados em análises posteriores da ictiofauna. Amostras próximas na ordenação são as que apresentam características limnológicas semelhantes. Para determinar quais os eixos que deverão ser interpretados utilizar-se-á o critério de Kaiser-Guttman (Jackson, 1993).

Médias e desvio padrão da riqueza (número) de espécies, da equitabilidade na distribuição dos indivíduos nas espécies e dos valores do Índice de Diversidade de Shannon, por amostra, serão utilizadas para avaliar as variações espaciais e temporais nesses atributos de comunidades. O Índice de Diversidade de Shannon (H') (Pielou, 1975) será estimado a partir da seguinte equação:

$$H' = - \square(ni/N) \cdot \log(ni/N)$$

onde:
ni = número de indivíduos na i-nésima espécie
N = número total de indivíduos

A equitabilidade (E) de distribuição das capturas pelas espécies, estimada em cada estação, será baseada na seguinte equação (Pielou, 1975):

$$E = H'/ \log S$$

onde:
H' = índice de diversidade de Shannon
S = número de espécies

Para verificar possíveis diferenças entre as amostras obtidas nos diversos aparelhos de pesca, será gerada uma matriz de presença e ausência para a região litorânea amostradas com redes de arrasto, os remansos de rios e reservatórios com redes de espera, áreas lóticas (corredeiras) com tarrafas, aquelas mais

profundas com espinhel/varal, áreas estruturadas com macrófitas e áreas alagadas, com peneirões. Esses métodos de captura são operados de maneira distinta (arrasto é ativo, enquanto rede é passivo), mas as áreas amostradas por esses aparelhos representam biótopos distintos e, portanto, deverão ser analisados em separado. Da matriz de presença e ausência gerada será aplicada uma Análise de Correspondência (CA; Gauch Jr., 1984), que é menos sensível à existência de muitos zeros (Olden et al., 2001), com o objetivo de ordenar as amostras e visualizar a existência de grupos de acordo com os biótopos que os diversos aparelhos de pesca são mais efetivos.

Embora a escolha dos métodos de análise dos dados obtidos durante o monitoramento dependa das planilhas geradas e a forma de análise possa incorporar outras ferramentas de análise mais adequada, uma proposta de protocolo de análise é apresentada abaixo.

As análises das variações espaciais e temporais na abundância deverão ser baseadas em dados de captura por unidade de esforço (CPUE) e densidade. Assim, o esforço deverá ser expresso, para redes, em 1000 m2 em 24hs; tarrafas, em número de lances; espinheis em número de anzol em 24hs, arrastes em densidade por m2, e densidade de ovos e larvas, em 10 m3.

As matrizes de abundâncias (captura por unidade de esforço – CPUE; número de indivíduos por 1000 m2 de rede em 24 h) de espécies amostradas somente com os equipamentos utilizados em todas as etapas (antes – Pré; e após - Pós o represamento) serão ordenadas para verificar as variações na assembleia de peixes ao longo do tempo, o que permitirá identificar as alterações decorrentes do represamento. Em seguida, será gerada uma matriz de similaridade, com os valores da medida de Bray-Curtis (Anderson et al., 2001), controlando a amostra (mês e estação de amostragem). Na mesma matriz será aplicada a análise de coordenadas principais (PCoA; como em Legendre & Legendre, 1998). Os primeiros eixos da PCoA serão retidos para interpretação por representarem as principais tendências na matriz de dados originais.

Para identificar as estações que mais se diferenciaram entre as fases Pré e Pós,

será calculada a distância entre os centroides (Setas na Fig. 2). Assim, estações de amostragem que apresentarem poucas alterações na estrutura das assembleias de peixes mostrarão pequena distância entre os centroides, enquanto que o oposto é verdadeiro.

Para identificar as espécies que mais contribuíram para os padrões de similaridade estrutural e dissimilaridade das assembleias, serão realizadas análises de distribuição de abundâncias por porcentagem de contribuição de cada espécie em relação ao fator local, denominada SIMPER (porcentagens de similaridade baseadas na distância de Bray-Curtis), uma vez que esse é o objetivo principal dessa análise. Será obtida, nesta rotina, tanto a contribuição para as similaridades médias dentro de um grupo quanto à dissimilaridade média entre grupos, de acordo com a fórmula (Clarke & Warwick, 2001):

$$\delta jk(i) = 100.\ |(y_{ij} - y_{ik})| \ / \ \Sigma^{p}_{i=1}(y_{ij}+y_{ik})$$

Onde:

δjk: dissimilaridade de Bray Curtis entre amostras (j e k)
i_{th}: espécies
y_i: unidade dos pares de amostras

A contribuição de cada espécie para o fator considerado (ambientes ou estações de amostragem) será calculada a partir de pares de amostras dentro de cada um. Por fim, a dissimilaridade média será obtida a partir de um desmembramento dos pares de amostras que determinam o valor de contribuição de cada espécie para a dissimilaridade entre os agrupamentos. Contribuições maiores que 10% (na similaridade e na dissimilaridade) serão utilizadas para identificar as principais espécies contribuintes para a similaridade ou distinção entre os agrupamentos.

Para o SIMPER, quando as amostras se sobrepõem, a dissimilaridade é baixa (ou nula; Fig. 3), indicando que as mesmas espécies contribuem para os agrupamentos de ambos os locais/períodos. Quando as amostras se afastam no espaço multivariado, a dissimilaridade aumenta: esse aumento pode ser decorrente de diferenças da abundância (ou proporções) em espécies comuns ou diferentes espécies. Então, se uma mesma espécie apresentar abundância

homogênea dentro dos locais/períodos, mas com diferentes valores (muito alta em um local, mas no outro "apenas" alta), ela pode contribuir tanto para a similaridade dentro do grupo, como para a dissimilaridade entre grupos.

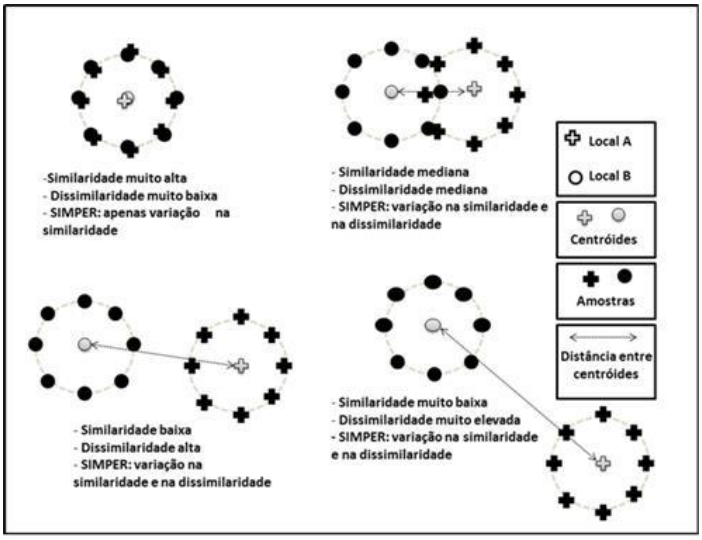


Figura 3. Representação esquemática de amostras de dois locais, explicando como funciona a distância entre os centroides e o SIMPER (ver texto para mais detalhes).

Para uma descrição geral das alterações entre as fases Pré e Pós, serão feitos gráficos da relação espécie x abundância, que devem permitir avaliar a dominância das espécies de peixes, em relação a abundância, indexada pela captura por unidade de esforço (número de peixes 1000 m2 rede em 24h)

Com o objetivo de avaliar se a estrutura das assembleias de peixes (sumarizadas na PCoA) pode ser embasada nas variáveis ambientais (abióticas sumarizadas nos eixos da PCA), os eixos retidos para interpretação serão correlacionados (os da PCA com os da PCoA) através de correlação de Pearson. A existência de associação entre os eixos indicará que os escores de uma análise estarão relacionados com o de outra e, portanto, existirá uma distribuição das assembleias de peixes de acordo com as variáveis abióticas.

Os principais eventos do ciclo reprodutivo serão avaliados através da análise da frequência mensal dos estádios de maturação gonadal (Bazzoli, 2003) e a época e local de desova será avaliada pelos valores do Índice de Atividade Reprodutiva (IAR; Agostinho et al., 1991), expresso pela equação:

$$IAR = \frac{\ln N_i \left(\frac{n_i}{\sum n_i} + \frac{n_i}{N_i}\right) * \frac{RGS_i}{RGS_e}}{\ln N_m \left(\frac{n_m}{\sum n_i} + 1\right)} * 100$$

Onde:
N_i = número de indivíduos na unidade amostral i;
n_i = número de indivíduos "em reprodução" na unidade amostral i;
N_m = número de indivíduos na unidade amostral com maior n;
n_m = número de indivíduos "em reprodução" na unidade amostral com maior n;
RGS_i = RGS média dos indivíduos "em reprodução" na unidade amostral i;
RGS_e = maior valor individual da RGS;
RGS = peso das gônadas*100/peso total.

A atividade reprodutiva será classificada em incipiente (0<IAR<5), moderada (5<IAR<10), intensa (IAR>10) e muito intensa (IAR>10).

Como mencionado antes, os conteúdos estomacais serão examinados em microscópio estereoscópico e os itens identificados ao menor nível taxonômico possível. Estas análises serão realizadas de acordo com os métodos (i) de frequência de ocorrência - onde se registra o número de peixes em que cada item ocorre, obtendo-se a porcentagem em relação ao total de estômagos com alimento; e (ii) volumétrico - registra-se o volume de cada item alimentar, obtendo-se a porcentagem em relação ao volume total de todos os conteúdos estomacais (Hynes, 1950; Gerking, 1978; Hyslop, 1980; Hahn, 1991). Os percentuais obtidos com esses métodos poderão ser combinados no Índice Alimentar (IAi), proposto por (Kawakami & Vazzoler, 1980) e descrito pela equação:

$$IAi = \frac{F_i * V_i}{\sum_{n=1}^{n} (F_i * V_i)}$$

Onde:
i = item alimentar variando de *1* a *n*;
Fi = frequência de ocorrência (%) do item i;
Vi = volume (%) do item i.

A avaliação espaço temporal do estado nutricional de cada indivíduo considerado será avaliado por meio do fator de condição, o qual será calculado, para cada sexo,

com base nos valores médios dos resíduos padronizados, gerados pelas regressões logarítmicas do peso total, extraído o peso das gônadas (Wt-Wg) e o comprimento padrão (Ls) das espécies. As diferenças nas médias por estratégia reprodutiva e estação do ano (bem como da interação entre eles) serão avaliadas por análise de variância (ANOVA bifatorial). Alternativamente, as diferenças na condição corporal entre os períodos ou locais poderão ser avaliados pela comparação nas relações peso-comprimento através da análise de covariância (ANCOVA).

- **Ictioplâncton**

A identificação das espécies às quais pertencem os ovos e larvas à deriva com aplicação de técnicas moleculares será realizada em amostras obtidas e fixadas para essa determinação. As densidades específicas de ovos e larvas serão expressas por sua média por amostra e uma medida de dispersão. Diferenças entre as médias de ovos e de larvas deverão ser testadas por análise de variância bifatorial (local e tempo) ou através de análise não paramétrica caso os pressupostos não sejam atendidos. A importância relativa dos distintos pontos de amostragem será identificada pelos valores médios da densidade e a significância de sua diferença entre amostras.

- **Monitoramento da Atividade Pesqueira**

Este documento atende às recomendações do Parecer Técnico referente à análise do requerimento de Renovação de Licença de Operação, sem solicitações de complementações, nº 1/2025, em conformidade com a Lei nº 12.197 de 20 de julho de 2023.

Durante a vigência da Lei nº 12.197/2023, que proíbe a comercialização de peixes capturados nos rios do estado de Mato Grosso, os pescadores cadastrados no Cadastro Socioeconômico de 2012 serão monitorados por meio do Programa de Educação Ambiental, conforme previsto no PGA XXII.

Após a revogação da referida lei, será realizada uma busca ativa dos pescadores profissionais atuantes no reservatório da UHE Teles Pires, identificados durante a atualização do cadastro socioeconômico.

A metodologia de monitoramento dos desembarques pesqueiros, bem como as metas e indicadores, serão desenvolvidas após a definição do novo cenário da atividade pesqueira e o mapeamento atualizado dos pescadores atuantes na área de entorno do reservatório, de modo a refletir a realidade da atividade na região do empreendimento.

8. Avaliação e monitoramento

8.1 Indicadores de desempenho

O bom desenvolvimento desse Programa poderá ser avaliado durante a sua execução pela realização plena dos procedimentos metodológicos previsto nesse documento, incluindo a amostragem com os equipamentos, localidades e cronograma previstos. O sucesso final poderá ser aferido (i) pela ratificação da localização, na região, dos locais de desova e desenvolvimento inicial, com destaque para as espécies mais abundantes e as migradoras; (ii) pela identificação e dimensionamento dos impactos positivos e negativos do represamento sobre a ictiofauna; (iii) pela identificação de ações de manejo com grande potencial para a conservação das espécies ou, eventualmente, mitigação de impactos.

9. Etapas e Prazos

O programa de Monitoramento da Ictiofauna na área de influência do reservatório da UHE Teles Pires e trecho a montante tem sua duração prevista, nesse documento, para 36 meses. As atividades de amostragem deverão ocorrer, como mencionado, de forma trimestral para jovens e adultos e mensal, durante a quadra reprodutiva (novembro a fevereiro) para ovos e larvas, com avaliações anuais de resultados.

Para a avaliação, recomenda-se a realização de oficinas no final do terceiro ano, envolvendo o órgão licenciador, especialistas e também os responsáveis por outros programas e projetos associados (ver adiante), quando seriam discutidos os resultados e eventuais necessidades de ações de manejo ou readequações metodológicas. As conclusões dessas oficinas seriam submetidas à aprovação do órgão ambiental.

10. Relatórios

Nessa fase de operação da UHE Teles Pires estão previstos Relatórios anuais e Relatório Consolidado ao final do terceiro ano, envolvendo todos os tópicos componentes desse Programa. Relatórios de atividade serão emitidos trimestralmente. Para a elaboração do Relatório Consolidado prevê-se a seguinte estrutura:

INTRODUÇÃO
OBJETIVOS
ÁREA DE ESTUDOS
METODOLOGIA
Amostragem e obtenção de dados em campo
Obtenção de dados em laboratório
Análise de dados
RESULTADOS
Limnologia física e química Ictiofauna
- Composição da Ictiofauna
- Distribuição e atributos de comunidade
- Estado de conservação das espécies endêmicas e ameaçadas
- Variações nas capturas conforme biótopo e arte de pesca
- Variações espaço-temporais na composição específica
- Variações espaço-temporais na abundância e biomassa
- Variações espaciais na estrutura em comprimento e criadouros naturais
- Alterações ictiofaunísticas associadas ao represamento
- Variações espaço-temporais na dieta e estrutura trófica
- Variações espaço-temporais na reprodução e estratégias reprodutivas
- Época e locais de desova das espécies de peixes

Ovos e larvas
- Distribuição espaço-temporal de ovos
- Distribuição espaço-temporal de larvas
- Variação específica na distribuição de larva
- Rotas migratórias e locais de desova (ratificação)

Qualidade do pescado (mercúrio)
- Variações espaço temporais na concentração de mercúrio

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES
RECOMENDAÇÕES DE MONITORAMENTO, MANEJO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS
REFERÊNCIAS
EQUIPE TÉCNICA
RESUMO EXECUTIVO

11. Recursos

11.1 Recursos humanos

Para a execução de todas as etapas desse projeto, exceto aquelas que demandam

laboratórios especializados em biologia molecular e química analítica (análises de mercúrio) ou museus (resolução de dúvidas na identificação e depósito de material testemunho) serão necessários:

- Coordenador geral: especialista com experiência de pelo menos cinco anos em atividades de campo, laboratório e no monitoramento de ictiofauna em reservatórios sendo responsável pelos trabalhos de campo e laboratório, pela elaboração de relatórios, respondendo técnica e gerencialmente pelo andamento dos trabalhos.
- Biólogos (3) com experiência em estudos de ecologia (comunidades, populações, impactos) e biologia de peixes (alimentação, reprodução, ovos e larvas), e desenvoltura com taxonomia de peixes.
- Técnicos/auxiliares (7) responsáveis pela parte operacional de captura, triagem e fixação/acondicionamento de peixes em campo e auxilio no processamento do material biológico em laboratório. Nessa equipe é demandado pelo menos dois pescadores com experiência nas artes de pesca a serem empregadas e outro na tomada de dados físicos e químicos da água, bem como no acondicionamento e etiquetagem de amostras.

11.2 Recursos materiais

Para a execução das atividades do programa, deverão ser previstos todos os materiais e equipamentos necessários para as coletas, tais como dragas, frascos com fixadores, caixas térmicas, redes de plâncton, sonda multiparâmetros, embarcação, etc. Deverão ser considerados ainda todos os equipamentos de proteção individual – EPI, tais como luvas, óculos de proteção, colete salva-vidas, entre outros.

O material coletado será analisado pelo laboratório especializado e credenciado com acreditação pelo INMETRO.

12. Parcerias recomendadas

O Programa de Monitoramento deverá ser executados de forma articulada e em parceria com aqueles similares ou complementares em desenvolvimento nas áreas de influência das UHEs São Manoel e Colíder. A sua execução poderá ser realizada por empresas de consultoria especializadas, em parcerias com instituições de

ensino e pesquisa. Na busca de parcerias para as análises especializadas recomenda-se o Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) ou o Museu de Zoologia da USP (MZUSP) para depósito do material testemunho e na resolução de dúvidas na identificação; a Universidade Federal de Tocantins (UFT-Neamb), a Universidade Estadual de Maringá (UEM-Nupélia) e o INPA na resolução de dúvidas na identificação de larvas. As análises moleculares para identificação específica de ovos e larvas poderão ser realizadas pelo Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura (LAGOAA) da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)/SP, Universidade Estadual Paulista (UNESP-Botucatu-SP), Universidade Estadual de Londrina (UEL) pela experiência já acumulada com estudos desse tipo. Outras instituições estão, entretanto, habilitadas a executar esse tipo de análise como Universidade Federal do Pará e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, entre outras.

13. Interface com outros programas

O Programa de "Monitoramento da Ictiofauna" tem interface com os programas de Resgate da Ictiofauna, Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água (P.12), Educação Ambiental (P.42) e de Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial – PACUERA.

14. Cronograma

UHE TELES PIRES
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA

DESCRIÇÃO	Períodos			2022		2023																																									
	Início	Término	Duração	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D						
PROGRAMA DE MONITORAMENTO E ESTUDOS DA ICTIOFAUNA	nov/22	dez/25	38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38						
Emissão de ABIO	-	-																																													
Monitoramento da Ictiofauna (jovens e adultos)																																															
Atividades de Campo Trimestrais (amostragens de jovens e adultos)	1	34	34																																												
Relatórios de Atividades	2	35	34																																												
Coleta adensada e biologia molecular de Ovos e Larvas																																															
Amostragens de ovos e larvas	11	27	16																																												
Atividades Laboratoriais de identificação taxonômica e biologia molecular	11	29	19																																												
Relatório de Atividades	17	30	13																																												
Relatório Semestral (análise integrada)	6	30	25																																												
Relatório Consolidado Final (análise integrada)	36	36	1																																												
Realização de Oficinas entre CHTP, IBAMA e especialistas	19	31	13																																												

15. Revisão

Foi considerado o Parecer Técnico referente a Análise De Requerimento de Renovação de Licença de Operação sem Solicitação de Complementações N° 1, que subsidiou a emissão da Licença de Operação 1272/2024 – 2ª Renovação, de abril de 2025

Este programa, bem como seus anexos, poderá ser revisado após a realização das oficinas para apresentação dos resultados, por determinação do IBAMA, em casos de acidentes ambientais significativos, para melhorar seu desempenho, por alterações legais ou por demandas de outras partes interessadas, por ocasião de renovação de licença e/ou autorização e deverá ser devidamente submetido para aprovação do IBAMA.

16. Referências

AGOSTINHO, A.A.; SUZUKI, H.I.; SAMPAIO, A.A.; BORGES, J.D.R. 1991. *Índice de Atividade Reprodutiva*: Uma Proposta para avaliação da Atividade Reprodutiva em Peixes. IX Encontro Brasileiro de Ictiologia, Universidade Estadual de Maringá 04 a 08/02/1991, p.53.

AGOSTINHO, A.A. 1995. Considerações sobre a atuação do setor elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros. In: COMASE/ELETROBRÁS. *Seminário sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro. Rio de Janeiro*: COMASE/ ELETROBRÁS. p. 8-19. (Estudos e levantamentos; cad.4).

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. 1997. *Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatório de Segredo*. *In*: AGOSTINHO, Angelo Antonio; GOMES, Luiz Carlos (Eds.) Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM. Maringá - PR, Cap.17, p. 319 – 364.

AGOSTINHO, A.A.; MIRANDA, L.E.; BINI, L.M.; GOMES, L.C.; THOMAZ, S.M.; SUZUKI, H.I. 1999. *Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging*. *In*: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Eds.) Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos-SP, p. 227-265.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; VERÍSSIMO, S.; OKADA, E.K. 2004. *Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná river*: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. Reviews in Fish Biology and Fisheries. vol. 14; 11 - 19.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELECICE, F.M. 2007. *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá: EDUEM. 501p.

AHLSTROM, E.H.; BALL, O.P. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fishery Bulletin*, Washington, DC, v.56, p.209-245.

ANDERSON M.J; GORLEY R.N; CLARKE K.R. 2001. PERMANOVA + for PRIMER: *Guide to software and statistical methods*. PRIMER E: Plymouth, UK.

BAZZOLI, N. 2003. *Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial do rio São Francisco na região de Pirapora*. In: Águas, peixes e pesca no rio São Francisco das Minas Gerais. Godinho HP, Godinho AL. (Eds). Belo Horizonte: Editora PUC Minas – CNPq/PADCT CIAMB III p.273-288.

BIOS. 2019. *Relatório Técnico Consolidado do Programa de Monitoramento da Ictiofauna na área de influência da UHE Teles Pires* – Campanhas 1 a 19 – Fase de Operação.

BIOS. 2022. *Relatório Técnico Consolidado do Programa de Monitoramento da Ictiofauna na área de influência da UHE Teles Pires* – Campanhas 1 a 29 – Fase de Operação.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.

CHTP, 2023. Relatório Consolidado de Resgate de Peixes nas Turbinas. Jacareacanga – PA: CHTP.

EPE/LEME-CONCREMAT – *Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Teles Pires.* Fase III – Levantamentos, Estudos Básicos de Alternativas. Relatório Parcial, 2009.

GAUCH JR, H.G. 1984. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press (Cambridge studies in ecology; 1). 298 p.

GERKING, S.D. (Ed) 1978. *Ecology of freshwater fish production*. Oxford. Bleckwell. 520 p.

HAHN, N.S. 1991. *Alimentação e dinâmica da nutrição da curvina Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Pisces, Perciformes) *e aspectos da estrutura trófica da ictiofauna acompanhante no rio Paraná*. Rio Claro/SP: UNESP, 1991. 287 p. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade Federal de Rio Claro.

HYNES, H.B.N. 1950. The food of freshwater sticklebacks (Gasterosteus aculeatus and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol*., 19(1): 36-58.

HYSLOP, E.J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. J. *Fish. Biol*., 17-411-429.

JACKSON, D.A. 1993. Estopping rules in principal component analysis: a comparasion of heuristical and statistical approches. *Ecology*. 74(8): 2204-2214.

KAWAKAMI, E.; VAZZOLER, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Bol. Inst. Oceanogr*., São Paulo, SP, v. 29, n. 2, p. 205-207.

KENDALL, Jr., A. W.; AHLSTROM, E. H.; MOSER, H. G. 1984. *Early life history stages of fishes and their caracters*. *In*: MOSER, H. G.; RICHARDS, W. J.; COHEN, D. M.; FAHAY, M. P.; KENDALL, Jr., A. W.; RICHARDSON, S. L. (Ed.). Ontogeny and systematics of fishes: based on International Symposium dedicated to the memory of Elbert Halvor Ahlstrom. Lawrence: American Society of Ichthyologists and Herpetologists. p. 11-22 (Special publication/American Society of Ichthyologists and Herpetologists, no. 1).

LEGENDRE, P.; LEGRENDRE, L. 1998. *Numerical ecology* – 2nd. English edition. Elsevier, Amsterdam.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A.A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P.V.; MAKRAKIS, M.C.; PAVANELLI, C.S. 2001. *Ovos e larvas de*

peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: EDUEM, 378p., il.

OLDEN, J.D.; JACKSON, D.A.; PERES-NETO, P.R. 2001. Spatial isolation and fish communities in drainage lakes. *Oecologia*, v.127, p.572-585.

OLIVEIRA, A G.; SUZUKI, H.I.; AGOSTINHO, A.A. 2015. Interspecific variation in migratory fish recruitment in the Upper Paraná River: effects of the duration and timing of floods. *Environ Biol Fish* 98: 1327–1337.

OKADA, E.K.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. 2005. Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir, the Itaipu Reservoir, Brazil. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(3):714 – 724.

PIELOU, E.C. 1975. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley, 165 p.

WEITHMAN, A.S.; HAAS, M.A. 1982. Socio-economic value of the trout fishery in lake Taneycomo, Missouri. *Trans. of the Am. Fish. Soc*., 111:223-230.

17. Glossário

PGA: Plano de Gestão Ambiental

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

IBAMA: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental

PBA: Projeto Básico Ambiental

ETA: Estação de Tratamento de Água

ETE: Estação de Tratamento de Efluentes

ADA: Área Diretamente Afetada

AID: Área de Influência Direta

LI: Licença de Instalação

LP: Licença Prévia

LO: Licença de Operação

IQA: Índice de Qualidade da Água

IET: Índice de Estado Trófico

ANA: Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

MMA: Ministério do Meio Ambiente

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EPI: Equipamento de Proteção Individual

18. Apêndices e anexos

Anexo 1 – Mapa de localização da ADA e AID da UHE Teles Pires.

Anexo 2 – Subprogramas:

Anexo 2.1. Publicização do grau de contaminação de peixes por mercúrio

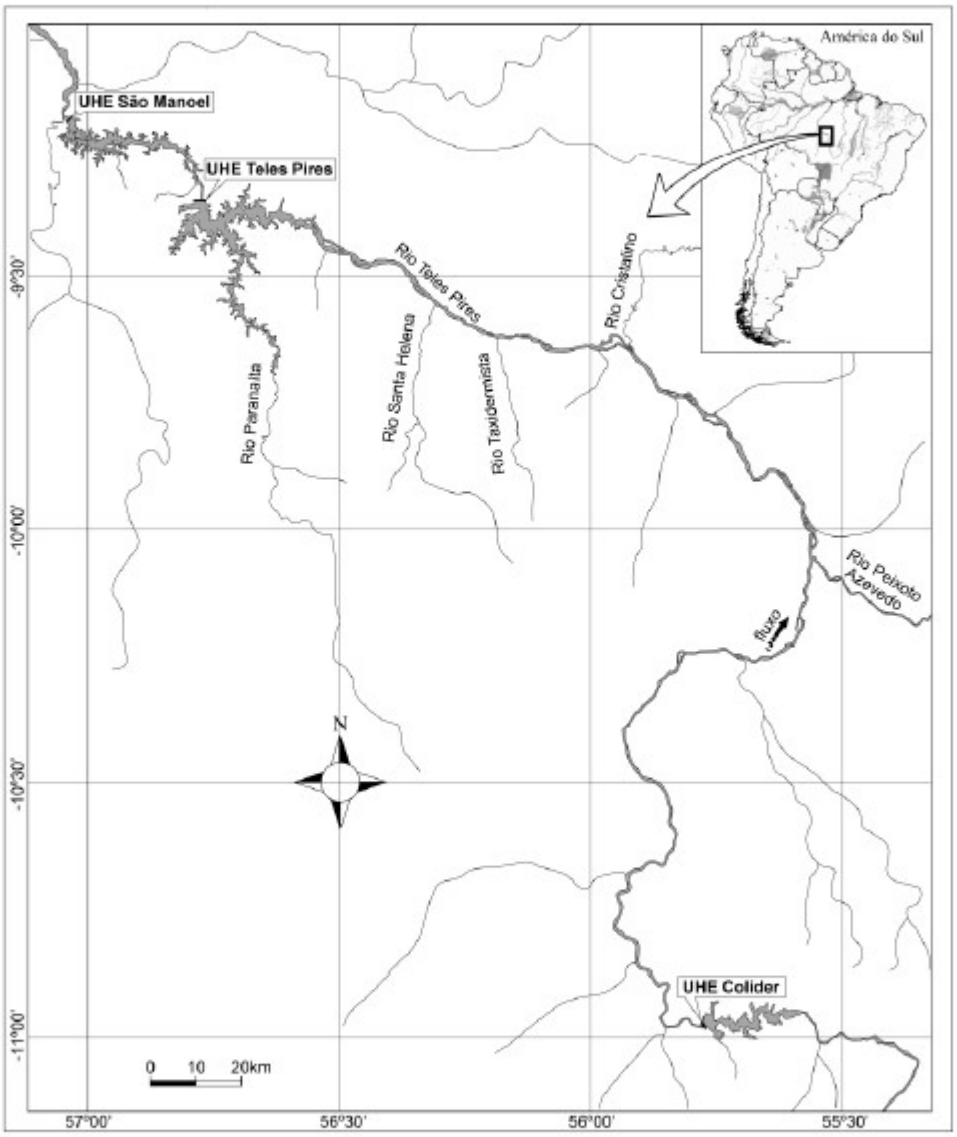
Anexo 2.2. Estado do conhecimento da bionomia, manejo e distribuição das espécies ameaçadas

Anexo 2.3. Avaliação da viabilidade de agregar valor ao pescado *Pterodoras granulosus*

Anexo 2.4. Avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo e implicações para a ictiofauna

ANEXO 1

Anexo 1. Mapa mostrando a inserção da área de influência da UHE Teles Pires na bacia.



Plano de Gestão Ambiental (PGA)– Monitoramento da Ictiofauna

Anexo 2.1 Publicização do grau de contaminação de peixes por mercúrio

UHE Teles Pires

CLASSIFICAÇÃO: público

Junho de 2024

Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires

Anexo 2.1 Publicização do grau de contaminação de peixes por mercúrio

Data de elaboração: julho de 2024

Empreendimento: UHE Teles Pires

Empreendedor: Companhia Hidrelétrica Teles Pires S.A.

Processo SEI: 02001.006711/2008-79

- **Responsável pela elaboração**
- CNPJ: 12.810.896/0001-53
- Razão social: Companhia Hidrelétrica Teles Pires.
- Endereço completo: Av. Ariosto da Riva, 2463, sala 03, centro, Município de Alta Floresta, Estado do Mato Grosso, CEP 78.580.000
- E-mail: meioambientechtp@uhetelespires.com.br
- Equipe Técnica:

Nome	Formação	Função	Conselho Profissional	CTF IBAMA
Angelo Antonio Agostinho	Biólogo	Consultor	CRBIO 08440/07-D	230105
Ivan Bichara Sobreira Neto	Engenheiro Ambiental	Gerente de Meio Ambiente	CREA 201086024-1	5451827
João Rodrigo Cabeza	Biólogo	Analista Ambiental	CRBIO 86001-01	5383263

Versão	Data	Nº SEI	Responsável	Realizadas
00	30.06.2024			

Sumário

1. INTRODUÇÃO 7
2. JUSTIFICATIVA 7
3. OBJETIVO 8
4. PROCEDIMENTOS 8
5. PÚBLICO-ALVO 9
6. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS 9
7. CRONOGRAMA: 9
8. REFERÊNCIAS 10

1. INTRODUÇÃO

A contaminação por mercúrio é uma das principais ameaças à biota e ao consumo de peixes em vários rios da bacia amazônica (Azevedo-Santos et al., 2021). Embora essa modalidade de contaminação não seja um problema somente da Amazônia, nessa região ela assume um caráter mais dramático pelos seus efeitos letais ou subletais nos peixes, abundantemente consumidos pela população da região, especialmente pela população ribeirinha e povos originários. Nessa região, a fonte primária de contaminação é a mineração, especialmente a ilegal, bastante disseminada em alguns afluentes do rio Amazonas, com destaque para o rio Tapajós e seus formadores. O mercúrio pode ser também encontrado no solo, naturalmente ou devido a práticas agrícolas, podendo chegar ao ambiente e à biota aquática. Entre as consequências do elevado consumo de pescado contaminado destacam-se alterações genéticas, distúrbios neurológicos, hepáticos, intestinais, entre outros, podendo resultar em morte. O caráter cumulativo desse metal faz com que organismos que posicionados no topo da cadeia alimentar estejam sujeitos a maiores concentrações. Assim, os indígenas e ribeirinhos que se alimentam predominantemente de peixes predadores de topo, em especial os de maior porte, têm maior probabilidade de serem afetados.

Essa proposta visa alertar as autoridades de diferentes esferas e área de atuação sobre o problema de contaminação constatada no pescado do rio Teles Pires e esclarecer a população sobre os cuidados na seleção de espécie de pescado e alternativas de consumo.

2. JUSTIFICATIVA

O monitoramento da qualidade do pescado realizado no período de 2017 a 2022 revela limiares de contaminação por mercúrio, em parte do pescado, superiores àqueles estabelecido como aceitáveis. Essa era uma tendência já presente desde antes do represamento e que pôde ser ratificada com o monitoramento dos últimos anos. Algumas das espécies contaminadas são consumidas pela população ribeirinha incluindo povos indígenas. Não há tecnologia para remoção desse contaminante do ambiente ou do pescado. Entretanto, como a concentração de mercúrio varia bastante entre as espécies e a contaminação do homem depende da quantidade de peixes consumidas, há como mitigar o problema pela escolha do pescado e diversificação da dieta. Assim, a popularização dos resultados desse monitoramento pode contribuir para redução dos níveis de contaminação dos povos indígenas e ribeirinhos que tem no pescado o principal tipo de alimento. Ademais, a informação dos gestores ambientais e sociais, bem como dos órgãos de controle ambiental pode ser decisiva para que o problema não se agrave com níveis de contaminação elevados para o conjunto das espécies de pescado.

3. OBJETIVO

Reanalisar os dados de contaminação de pescado, por espécie, disponíveis para a bacia, sumarizando as informações em documentos adequados para comunicação aos órgãos de controle, proteção e defesa socioambiental e à populações ribeirinhas e aos povos indígenas.

4. PROCEDIMENTOS

Buscar os dados de monitoramento da qualidade do pescado, especialmente em relação à contaminação por mercúrio, ao longo do rio Teles Pires, no trecho entre as barragens das UHEs Teles Pires e Colíder (i) identificar os trechos ou estratos populacionais com contaminação; (ii) Identificar as espécies em que os limiares

estabelecidos foram extrapolados, bem como a proporção de indivíduos contaminados; (iii) elaborar documento técnico com os dados e informações obtidas a partir da análise dos dados e enviá-los aos órgãos públicos de controle e fiscalização - Ministério de Saúde, Secretarias de Saúde, FUNAI, ANM, Secretarias de Pesca, Secretarias de Meio Ambiente, entre outros; (iv) elaborar uma cartilha e folhetos com linguagem de fácil entendimento para ser distribuído nas comunidades da região.

5. PÚBLICO-ALVO

Essas ações devem alcançar tanto os órgãos públicos federais, estaduais e municipais de controle, proteção e defesa da saúde e meio ambiente, como os moradores de comunidades ribeirinhas que consomem pescado do rio Teles Pires.

6. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Essa ação será articulada e executada pelos programas de Monitoramento da Ictiofauna (Qualidade do Pescado), de Comunicação Social, de Educação Ambiental e de Monitoramento da Atividade Pesqueira, desenvolvidos pela UHE Teles Pires.

7. CRONOGRAMA:

DESCRIÇÃO	2023						2024						2025					
	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D
Busca de dados de qualidade de pescado na bacia																		

Análise dos dados																		
Elaboração de texto técnico e comunicação a órgãos de controle																		
Elaboração de cartilha																		
Palestras e oficinas																		
Relatório																		

8. REFERÊNCIAS

Azevedo-Santos, V.M., Arcifa, M. S., Brito, M.F.G., Agostinho, A.A., Hughes, R.M., Vitule, J.R.S., Simberloff, D., Olden, J.D. & Pelicice, F.M. 2021.

Negative impacts of mining on Neotropical freshwater fishes. Neotrop Ichthyol. 2021; 19(3): e210001. https://doi.org/10.1590/1982- 0224-2021-0001

Plano de Gestão Ambiental (PGA)– Monitoramento da Ictiofauna

Anexo 2.2 Estado do conhecimento da bionomia, manejo e distribuição das espécies ameaçadas

UHE Teles Pires

CLASSIFICAÇÃO: público

Junho de 2024

Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires

Anexo 2.2 Estado do conhecimento da bionomia, manejo e distribuição das espécies ameaçadas

Data de elaboração: julho de 2024

Empreendimento: UHE Teles Pires

Empreendedor: Companhia Hidrelétrica Teles Pires S.A.

Processo SEI: 02001.006711/2008-79

- **Responsável pela elaboração**
- CNPJ: 12.810.896/0001-53
- Razão social: Companhia Hidrelétrica Teles Pires.
- Endereço completo: Av. Ariosto da Riva, 2463, sala 03, centro, Município de Alta Floresta, Estado do Mato Grosso, CEP 78.580.000
- E-mail: meioambientechtp@uhetelespires.com.br
- Equipe Técnica:

Nome	Formação	Função	Conselho Profissional	CTF IBAMA
Angelo Antonio Agostinho	Biólogo	Consultor	CRBIO 08440/07-D	230105
Ivan Bichara Sobreira Neto	Engenheiro Ambiental	Gerente de Meio Ambiente	CREA 201086024-1	5451827
João Rodrigo Cabeza	Biólogo	Analista Ambiental	CRBIO 86001-01	5383263

Versão	Data	Nº SEI	Responsável	Realizadas
00	30.06.2024			

Sumário

1. INTRODUÇÃO 7
2. JUSTIFICATIVA 7
3. OBJETIVO 8
4. PROCEDIMENTOS 8
5. PÚBLICO-ALVO 9
6. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS 9
7. CRONOGRAMA: 9
8. REFERÊNCIAS 9

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório Consolidado do Programa de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires (P.25-CHTP) e baseado na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (Portaria Nº 148-MMA, de 7/06/2022), foram registradas três espécies ameaçada na área de influência dessa hidrelétrica. Dessas, duas foram enquadradas na categoria "vulnerável", ou seja, os acaris *Harttia dissidens* e *Scobinancistrus pariolispos*, e a outra, a piaba *Rhinopetitia potamorhachia*, considerada "em perigo" de extinção (Ictthyology, 2022). A escassez de informações sobre essas espécies torna difícil o planejamento de ações de proteção ou mesmo a avaliação do grau dessa ameaça. Assim, essa proposta de ação visa a busca de mais informações sobre elas e a identificação de alternativas de manejo visando sua conservação.

2. JUSTIFICATIVA

Boas e úteis informações sobre as espécies animais de um modo geral pressupõe amostras em número e distribuição espacial e temporal adequadas. Esses requisitos são compreensivelmente mais difíceis de ser alcançado quando se trata de espécies ameaçadas, especialmente de peixes. Assim, para o estudo de estrutura em tamanho, biologia reprodutiva ou alimentar de peixes é necessário, em geral, retirá-los da água ou mesmo anestesiar, eutanasiar e dissecar os indivíduos para exame de maturação nas gônadas ou do conteúdo estomacal. A observação direta (subaquática) da reprodução ou alimentação é um desafio, tanto pelas variações temporais e espaciais dos processos biológicos, como pelas características dos habitats em que esses processos ocorrem (transparência da água, por exemplo). Assim, a obtenção de dados e informações consistentes sobre as espécies ameaçadas de extinção, necessários para a racionalização das ações

que visam sua conservação, é um grande desafio. A falta de informação tem provado ser danosa à maioria das ações de manejo para mitigar impactos (vide passagens de peixes e programas de estocagem). No caso das espécies do rio Teles Pires parece mais racional buscar as informações disponíveis na literatura, para que se possa identificar lacunas no conhecimento e se as informações disponíveis indicam alguma alternativa segura de manejo.

3. OBJETIVO

Informações sobre a distribuição e o estado de conservação de cada uma das espécies ameaçadas na área de influência do reservatório da UHE Teles Pires, na bacia do rio Teles Pires e em outras bacias, acompanhado de uma revisão do conhecimento existente sobre elas, bem como recomendações de possíveis medidas de proteção, se for o caso.

4. PROCEDIMENTOS

A estratégia para atender essa demanda passa por (i) buscar nos dados de estudos e monitoramento realizados na área de influência da UHE Teles Pires as informações sobre a ocorrência e as características dos locais de captura, ou seja, suas limnologia e atributos de habitat (profundidade, velocidade da água, tipo de substrato e disponibilidade de abrigo); (ii) Levantar junto ao Ministério do Meio Ambiente e/ou membros da comissão, os critérios que levaram ao enquadramento das espécies nas categorias “em perigo” ou “ameaçada” de extinção; (iii) revisar junto a banco de dados dos reservatórios da bacia e de sites online que catalogam dados de museus de ictiologia (ex.: Specieslink; Eschmeyer’s Catalog of Fishes Online Database; Global Biodiversity Information Facility; Fishbase) a distribuição da espécies, incluindo outras bacias da Amazônia; (iv) revisar, através de consultas a plataformas de publicações (ex.: Google Schoolar, ResearchGate,

Scopus, Web of Science), a distribuição e a bionomia das espécies ameaçadas; (v) elaborar documento com o conhecimento disponível sobre as espécies ameaçadas e identificar possíveis alternativas para conservação.

5. PÚBLICO-ALVO

Como esperado em estudos de espécies ameaçadas, o público-alvo é a sociedade de modo geral e as gerações futuras.

6. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Como esperado em estudos de espécies ameaçadas, o público-alvo é a sociedade de modo geral e as gerações futuras.

7. CRONOGRAMA:

DESCRIÇÃO	2023						2024						2025					
	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D
Distribuição na bacia do médio rio Teles Pires/Tapajós				■	■	■												
Caracterização limnológica dos habitats de ocorrência						■	■	■										
Identificar os critérios utilizados para caracterização das espécies							■	■										
Caracterizar a distribuição das espécies ameaçadas na Amazônia									■	■	■							
Revisar as informações acerca da bionomia das espécies										■	■	■						
Elaboração de documento final													■	■				

8. REFERÊNCIAS

Ichthyology, 2022. Relatório Técnico Consolidado do Programa de Monitoramento da Ictiofauna na área de influência da UHE Teles Pires –

Campanhas 1 a 29 – Fase de Operação. Apoio Companhia Hidrelétrica Teles Pires. 206 p.

Plano de Gestão Ambiental (PGA)– Monitoramento da Ictiofauna

Anexo 2.3 Avaliação da viabilidade de agregar valor ao pescado *Pterodoras granulosus*

UHE Teles Pires

CLASSIFICAÇÃO: público

Junho de 2024

Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires

Anexo 2.3 Avaliação da viabilidade de agregar valor ao pescado *Pterodoras granulosus*

Data de elaboração: julho de 2024

Empreendimento: UHE Teles Pires

Empreendedor: Companhia Hidrelétrica Teles Pires S.A.

Processo SEI: 02001.006711/2008-79

- **Responsável pela elaboração**
- CNPJ: 12.810.896/0001-53
- Razão social: Companhia Hidrelétrica Teles Pires.
- Endereço completo: Av. Ariosto da Riva, 2463, sala 03, centro, Município de Alta Floresta, Estado do Mato Grosso, CEP 78.580.000
- E-mail: meioambientechtp@uhetelespires.com.br
- Equipe Técnica:

Nome	Formação	Função	Conselho Profissional	CTF IBAMA
Angelo Antonio Agostinho	Biólogo	Consultor	CRBIO 08440/07-D	230105
Ivan Bichara Sobreira Neto	Engenheiro Ambiental	Gerente de Meio Ambiente	CREA 201086024-1	5451827
João Rodrigo Cabeza	Biólogo	Analista Ambiental	CRBIO 86001-01	5383263

Versão	Data	Nº SEI	Responsável	Realizadas
00	30.06.2024			

Sumário

1. INTRODUÇÃO 6
2. JUSTIFICATIVA 7
3. OBJETIVO 7
4. PROCEDIMENTOS 8
5. PÚBLICO-ALVO 9
6. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS 9
7. CRONOGRAMA: 9
8. REFERÊNCIAS 10

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório Consolidado do Programa de Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires (Ichthyology, 2022), uma espécie de grande porte (comprimento de até 75,0 cm; peso de 7,5 kg) tem se tornado gradativamente mais abundante e constante nas capturas, especialmente nos últimos dois anos e nas áreas represadas. Trata-se do *Pterodoras granulosus*, um doradídeo conhecido popularmente como "armau", "armado" ou "bodó". Face à redução esperada dos grandes bagres na área represada, essa espécie pode se constituir em importante recurso a ser explorado, como ocorre no reservatório de Itaipu, onde ela figura por décadas entre aquelas com maior rendimento na pesca artesanal, com capturas superiores a 10 kg/pesc.dia (Okada et al., 2005). Ressalta-se que inicialmente o estoque era subexplorado em razão do aspecto rústico e pouco atrativo desse pescado (Agostinho et al., 2007). Seu processamento, com a retirada da pele lhe conferiu maior aceitação no mercado. Os dados do referido relatório de monitoramento indicam possibilidade similar no reservatório da UHE Teles Pires.

O fomento à exploração sustentada desse recurso demanda, entretanto, um estudo de viabilidade baseado na biologia da espécie, na taxa de crescimento do estoque, indicações acerca do esforço de pesca adequado e de sua aceitação no mercado após um processamento primário (remoção da pele e da cabeça).

A ação proposta nesse tópico tem caráter experimental e envolve moradores ribeirinhos com alguma atuação na pesca para realização dessa pesca, processamento do pescado e sua comercialização, avaliando a cadeia produtiva e sua rentabilidade.

2. JUSTIFICATIVA

Entra as mudanças ambientais proporcionadas pelos reservatórios destacam se a redução dos habitats originais e surgimentos de outros. Os reservatórios impõem mudanças nos habitats lóticos de rios e proporciona o surgimento de outras até então inexistentes como aqueles de áreas abertas superficiais e profundas. Esses ambientes são ocupados por espécies com pré-adaptações ou que sejam suficientemente flexíveis para habitá-los e se beneficiar de seus abundantes recursos. Embora espécies perfeitamente pré-adaptadas para viver em ambientes similares a lagos profundos sejam raros no Brasil (não há lagos naturais profundos na Amazônia onde pudessem ter evoluído), há muitas espécies suficientemente plásticas para ocupar esses novos habitats, por vezes tornando-se muito abundante. O armado *P. granulosus* situa-se entre essas últimas. Trata-se de uma espécie com dieta muito diversificada e oportunista que se tornou muito abundante no reservatório de Itaipu (bacia do rio Paraná). Ignorada inicialmente pela pesca artesanal praticada nesse reservatório, devido ao seu aspecto rústico e baixo valor na comercialização. Com o tempo, os pescadores passaram a remover a pele com os dentículos laterais e filetar esse pescado, agregando valor e melhorando seu comércio. A pesca dessa espécie na metade superior do reservatório de Itaipu chegou a superar 550 toneladas de filé por ano (1997), mantendo-se, por décadas em torno de 250 a 300 ton/ano (Itaipu-Nupélia, 2008). Dado o caráter sustentado da pesca desta espécie em Itaipu, é esperado que o mesmo possa ocorrer no reservatório de Teles Pires. Assim, trabalha-se com a perspectiva de que esse recurso possa ser explorado de forma sustentável e represente uma fonte de renda e alimento dos moradores ribeirinhos, em especial os núcleos de assentamento.

3. OBJETIVO

Avaliar a viabilidade do uso sustentado do recurso representado pelo estoque de armado *Pterodoras granulosus*, que se torna gradativamente mais abundante no reservatório de Teles Pires (Ichthyology, 2022).

4. PROCEDIMENTOS

Para avaliar a viabilidade da exploração dessa espécie deverão ser utilizados os dados dos monitoramentos ictiofaunístico já realizados, bem como aquele em andamento, com a busca de mais informações de outros monitoramentos da bacia e na literatura especializada. Assim, propõe-se (i) avaliar a qualidade do pescado em relação a possíveis contaminações por mercúrio que atualmente atinge algumas espécies da bacia; (ii) avaliar o incremento na abundância do armado *P. granulosus* e sua estrutura em comprimento, baseado em dados de monitoramento já realizados e atual, no reservatório da UHE Teles Pires; (iii) avaliação do comércio e consumo de pescado na região e perspectiva de incorporação de files de armados ao comercio e consumo; (iv) síntese das informações biológicas da espécie, realizada através de revisões dos dados do monitoramento com as informações na literatura e trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) e avaliação continuidade da proposta; (v) seleção de pescadores potenciais para a participantes no estudo, tendo como critério seu histórico de relação com a pesca; (vi) promoção de oficinas de treinamento nas técnicas de pesca e processamento do armado, tendo como base a pesca da espécie no reservatório de Itaipu, visando a eficiência na captura e a agregação de valores a esse pescado; (vii) elaboração de manual com informações sobre a espécie, técnicas adequadas de processamento e estratégias de sustentabilidade da pesca;

(viii) realização de novas oficinas e treinamento para aproveitamento comercial da espécie a ser oferecido a pescadores, ribeirinhos e assentados locais.

5. PÚBLICO-ALVO

Pescadores, ribeirinhos e assentados nas áreas próximas ao reservatório da UHE Teles Pires.

6. INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

Para a execução dessa proposta conta-se com a indispensável articulação entre os programas de Monitoramento Ictiofaunístico, incluindo qualidade do pescado, de Acompanhamento da Atividade Pesqueira, de Comunicação Social e de Educação Ambiental.

7. CRONOGRAMA:

DESCRIÇÃO	2023						2024						2025					
	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D
Estado de contaminação do armado *P. Granulosus*																		
Abundância e estrutura em tamanho de armados																		
Perspectivas para a pesca do armado (comercio e consumo)																		
Síntese das informações e avaliação sobre a continuidade																		
Seleção de participantes e oficinas de treinamentos																		
Elaboração de manual (técnicas) e estratégias de sustentabilidade																		
Realização de oficinas de treinamento complementares																		
Monitoramento da cadeia produtiva																		

Avaliações da execução e Relatórios																		

8. REFERÊNCIAS

Agostinho, A.A., Gomes, L.C. & Pelicice, F. 2007. Ecologia e Manejo dos Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil. Maringá. EDUEM. 501p.

Ictthyology, 2022. Relatório Técnico Consolidado do Programa de Monitoramento da Ictiofauna na área de influência da UHE Teles Pires – Campanhas 1 a 29 – Fase de Operação. Apoio Companhia Hidrelétrica Teles Pires. 206 p.

Okada, E.K., Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. 2005 Spatial and temporal gradients in artisanal fisheries of a large Neotropical reservoir, the Itaipu Reservoir, Brazil. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 62(3):714 - 724

Plano de Gestão Ambiental (PGA)– Monitoramento da Ictiofauna

Anexo 2.4 Avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo e implicações para a ictiofauna.

UHE Teles Pires

CLASSIFICAÇÃO: público

Junho de 2024

Monitoramento da Ictiofauna da UHE Teles Pires

Anexo 2.4 Avaliação da sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo e implicações para a ictiofauna.

Data de elaboração: julho de 2024

Empreendimento: UHE Teles Pires

Empreendedor: Companhia Hidrelétrica Teles Pires S.A.

Processo SEI: 02001.006711/2008-79

- **Responsável pela elaboração**
- CNPJ: 12.810.896/0001-53
- Razão social: Companhia Hidrelétrica Teles Pires.
- Endereço completo: Av. Ariosto da Riva, 2463, sala 03, centro, Município de Alta Floresta, Estado do Mato Grosso, CEP 78.580.000
- E-mail: meioambientechtp@uhetelespires.com.br
- Equipe Técnica:

Nome	Formação	Função	Conselho Profissional	CTF IBAMA
Angelo Antonio Agostinho	Biólogo	Consultor		
Ivan Bichara Sobreira Neto	Engenheiro Ambiental	Gerente de Meio Ambiente	CREA 201086024-1	5451827
João Rodrigo Cabeza	Biólogo	Analista Ambiental	CRBIO 86001-01	5383263

Programa de Monitoramento da Ictiofauna - UHE Teles Pires (P.25)
Processo: 02001.006711/2008-79

Elaborado em junho de 2024

Versão	Data	Nº SEI	Responsável	Realizadas
00	30.06.2024			

Sumário

1. INTRODUÇÃO 5
2. JUSTIFICATIVA 7
4. MATERIAIS E MÉTODOS 10
5. Resultados Esperados 30
6. Recursos 31
6.1 Recursos Humanos 31
6.2 Recursos Materiais 32
7. CRONOGRAMA: 33
8. REFERÊNCIAS 34

1. INTRODUÇÃO

O bioma Amazônico é internacionalmente tido como insubstituível por abrigar milhares de espécies da fauna e flora (Polizel et al., 2021; IUCN, 2023), culturas indígenas únicas e até mesmo isoladas (Bowman et al., 2021) e por prover inúmeros recursos e serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono (Araújo et al., 2023) e a regulação climática (Strand et al., 2018), que são fatores chave na mitigação do aquecimento global (Araújo et al., 2023). Além disso, florestas tropicais, como a floresta Amazônica, são o único bioma altamente diverso que ainda apresenta mais da metade de sua área sujeita a baixa influência humana (Jacobson et al., 2019). Porém, apesar de sua imensa relevância ecológica, há ainda um vazio de conhecimento a respeito desse bioma (Borges & Loyola, 2020), onde uma porção considerável da biodiversidade ainda é desconhecida e, portanto, ainda mais objeto de preocupação com as ameaças.

No âmbito dos ambientes aquáticos, a alta diversidade morfo geológica da bacia amazônica, representada por seus vários tipos de habitat, como rios, lagos, ressacos, igapós, planícies inundáveis, bancos de macrófitas, além de uma dinâmica sazonal de inundação, favorece a manutenção das populações de peixes, através de áreas de refúgio e alimentação para os jovens (Agostinho & Zalewski, 1995), e de áreas para o crescimento, desova e recuperação de adultos (Oliveira et al., 2020). Dessa forma, a bacia Amazônica desponta por abrigar a ictiofauna mais rica do planeta (Reis et al., 2016), com mais de 2700 espécies de peixes já descritas. Além disso, considerando que a bacia Amazônica é o maior sistema hidrográfico do mundo, com um total de 6.869.000 km² drenados (Goulding et al., 2003), e considerando que ainda existem ambientes aquáticos amazônicos pouco amostrados, há previsões que estimam o número total de espécies de peixes em cerca de 5000 (Birindelli & Sidlauskas, 2018).

Apesar da relevância ambiental, social e econômica do bioma Amazônico, ações nocivas de origem humana são uma ameaça constante ao seu equilíbrio. Dentre os impactos mais recorrentes estão o desmatamento (Gomes et al., 2019; Hoang & Kanemoto, 2021), o represamento de rios e construção de hidrelétricas (Winemiller et al., 2016; Athayde et al., 2019; Duponchelle et al., 2021), as atividades de mineração, que alteram significativamente o funcionamento dos

ecossistemas e a qualidade dos ambientes (Moreno-Brush et al., 2019; Siqueira-Gay et al., 2022), e a expansão humana desordenada, que leva a fragmentação e perda de habitat e ameaça a riqueza ecológica e social da Amazônia (Jacobson et al., 2019; Ferrante et al., 2020).

O rio Peixoto de Azevedo é um dos principais afluentes do rio Teles Pires, pertencente à grande bacia do rio Amazonas. Sua paisagem vem sendo modificada desde a década de 80 devido a intensa atividade garimpeira na região (Marcelino et al., 2019). Especificamente, o processo de exploração se dá através da retirada da vegetação ripária para a implantação de garimpos nas margens do rio, o que, por sua vez, favorece a ocorrência de processos erosivos do tipo voçoroca ou ravinamentos em diversos trechos (Souza et al., 2008). Esses processos desencadeiam a perda de nutrientes, o assoreamento do leito do rio, a degradação visual do ambiente e a obstrução da área de desova de diversas espécies de peixes (Souza et al., 2008; Moreno-Brush et al., 2019; Siqueira-Gay et al., 2022).

Outro impacto relevante e relacionado à atividade garimpeira ocorre durante o processo de refino do ouro, principal mineral garimpado na região. Nas etapas finais de refino é utilizado o mercúrio, que por sua vez é um composto volátil e contamina a atmosfera, os corpos aquáticos e a biota (Mol et al., 2001; Moreno-Brush et al., 2019; Queiroz et al., 2022). Esse problema torna-se ainda mais grave quando se considera que o mercúrio pode chegar ao ser humano por bioacumulação, através do consumo de pescado (Mol et al., 2001; Vasconcellos et al., 2022), o que ameaça diretamente a saúde das comunidades tradicionais da região, com destaque para os indígenas.

Além dos efeitos do garimpo relacionados à erosão e ao assoreamento e poluição do rio, há ainda impactos sociais indiretos relacionados ao deslocamento de populações aos locais da exploração, resultando muitas vezes em assentamentos humanos não planejadas com problemas sociais típicos, como saneamento precário, difusão de doenças epidêmicas, exploração do trabalho, subemprego, prostituição e violência (Souza et al., 2008).

A degradação ambiental causada pelas atividades humanas pode afetar negativamente as condições sociais na Amazônia. É essencial considerar os aspectos sociais nas análises e envolver a população local na tomada de decisão

para promover a sustentabilidade (Ferrante et al., 2020; Medina et al., 2022). A análise da sustentabilidade da bacia hidrográfica é uma abordagem interdisciplinar que fornece uma visão ampla que considera aspectos ambientais e sociais, permitindo a obtenção de informações precisas sobre a biodiversidade (Couto et al., 2020).

Tradicionalmente, a avaliação da sustentabilidade requer a interpretação de um conjunto de dados que contenham informações econômicas, sociais e ambientais (Özdemir et al., 2011). No entanto, devido à natureza interdisciplinar e complexa desses dados, o uso de índices é uma prática comum, permitindo a sumarização das informações em um único valor que represente o todo (Braga et al., 2009; Couto et al., 2020). Por meio da conversão de indicadores específicos em um valor objetivo de sustentabilidade, é possível traduzir informações complexas em um resultado de fácil compreensão para diversos públicos. Isso possibilita a identificação de áreas críticas e auxilia na elaboração de políticas públicas direcionadas e efetivas (Couto et al., 2020). O presente projeto foi elaborado nesse contexto, ou seja, fornecer dados, informações e conhecimentos que permitam reconhecer as vulnerabilidades e potenciais da área, subsidiando ações visando a sustentabilidade no uso dos recursos da região.

2. JUSTIFICATIVA

A bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo, localizada no norte do estado de Mato Grosso, enfrenta diversos desafios relacionados à sustentabilidade ambiental, social e econômica. Trata-se do principal tributário do trecho livre do rio Teles Pires e o mais degradado, inicialmente pela mineração do ouro (décadas de 1980-90), seguido pelo desmatamento e uso pela pecuária e agricultura. A mineração praticada em seu trecho alto, que deixou e deixa marcas profundas em sua geomorfologia original de todo o rio, chegou a contribuir com mais de 10% de toda a produção de ouro brasileira, dando origem a um povoado com 80.000 pessoas cuja economia estava envolvida com a atividade (Peixoto Azevedo). Posteriormente, a prática da pecuária e o cultivo de soja reduziu sua área florestada para menos da metade da original.

Trata-se de uma bacia que, mesmo com sinais marcantes de degradação, atua como área de desova de várias espécies migradoras que compõem o estoque pesqueiro do segmento livre do rio Teles Pires, a montante da barragem da UHE Teles Pires. Isso ficou evidente, nos estudos de rádio telemetria e de distribuição de ovos e larvas, conduzidos no âmbito do Plano Básico Ambiental em execução pela CHTP e parceiros. Mesmo distante da área de influência da Usina e da área de atuação dessa concessionária, o seu aparente estado de degradação constitui uma ameaça não apenas à conservação da ictiofauna e ao tamanho dos estoques pesqueiros, mas também à contaminação do pescado.

Além disso, as mudanças no uso da terra são um desafio importante na bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo. O desmatamento e a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e de pecuária contribuem para a perda de habitat e para o aumento da erosão do solo e da poluição das águas (CREPANI, 2001). Nesse sentido, a análise de intensidade do uso da terra de uma bacia hidrográfica é uma ferramenta importante para avaliar a forma como o espaço geográfico da região está sendo utilizado e o que é fundamental para o planejamento e gestão do território. Essa análise permite identificar as áreas em que há maior ou menor intensidade de uso da terra, bem como as atividades que estão sendo desenvolvidas em cada uma dessas áreas. Com isso, é possível compreender como as atividades econômicas e sociais estão afetando o meio ambiente e a qualidade de vida das comunidades locais (Aldwaik & Pontius, 2012; Yofukuji et al., 2023). Assim, na bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo, a análise de intensidade do uso da terra é especialmente importante devido aos desafios ambientais e sociais que a região enfrenta. De fato, o desmatamento e a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e de pecuária têm sido uma das principais ameaças à biodiversidade e aos recursos hídricos da região (Kohler et al., 2021). Além disso, a atividade mineradora, os conflitos fundiários e a pobreza são outros fatores que afetam a qualidade de vida das comunidades locais (Palheta et al., 2017).

Diante desse cenário, a aplicação de um índice de sustentabilidade ambiental é importante na avaliação da efetividade das políticas públicas e das iniciativas privadas em promover o desenvolvimento sustentável na bacia hidrográfica dessa bacia. O índice pode ajudar a identificar os principais problemas ambientais e sociais

na região e apontar soluções para promover a conservação da biodiversidade, o uso sustentável dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida das comunidades locais (Couto et al., 2020).

Adicionalmente, a avaliação da qualidade da água e do pescado, além do diagnóstico da ictiofauna da bacia do rio Peixoto Azevedo são de extrema importância para proteger a saúde humana, a vida aquática, o ecossistema aquático e prevenção de desastres ambientais (Souza et al., 2008; Queiroz et al., 2022). Essas são as principais razões pelas quais essas atividades devem ser realizadas regularmente. Ao monitorar a qualidade da água e da vida aquática, é possível detectar problemas ambientais precocemente, tomar medidas preventivas e evitar que problemas maiores ocorram. Além disso, proteger a qualidade da água de eventuais contaminantes é fundamental para garantir que ela esteja disponível para o consumo humano, para o funcionamento do ecossistema e para o desenvolvimento sustentável da região (Mol et al., 2001; Souza et al., 2008; Marcelino et al., 2019).

Além disso, permite a identificação de variações sazonais e espaciais na composição e abundância de peixes em diferentes trechos da bacia. A utilização de diferentes técnicas de amostragem, como redes de espera, rede picaré e tarrafas, possibilita uma avaliação mais completa e precisa da diversidade de espécies presentes na bacia. A identificação, medição e pesagem dos peixes capturados, bem como o seu destino final em um museu de ictiologia, são medidas importantes para a preservação da biodiversidade e para o avanço do conhecimento científico, sendo, portanto, fundamentais para o monitoramento e avaliação da qualidade da água e da fauna aquática na bacia do rio Peixoto de Azevedo, contribuindo para a tomada de decisões em relação à gestão ambiental e à conservação da biodiversidade.

3. METAS

- Mapear o uso e cobertura da terra, assim como a intensidade de mudança na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;
- Analisar e produzir indicadores relacionados ao uso e cobertura da terra, bem como a intensidade de mudança na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;

- Mapear a susceptibilidade à erosão na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub- bacias;
- Analisar e produzir indicadores relacionados à susceptibilidade à erosão na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;
- Mapear e identificar as áreas críticas dos aspectos sociais e econômicos na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;
- Mapear a sustentabilidade socioambiental na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;
- Identificar as áreas críticas no aspecto ambiental da bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;
- Mapear a sustentabilidade conjunta, considerando os aspectos sociais, econômicos e ambientais na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias;
- Caracterizar a qualidade da água ao longo do rio Peixoto de Azevedo em períodos de cheia e seca, medindo os parâmetros limnológicos básicos de temperatura, oxigênio, condutividade elétrica, turbidez e pH;
- Avaliar a concentração de pesticidas (herbicidas, inseticidas, fungicidas, parasiticidas) utilizados na agropecuária da bacia;
- Avaliar a qualidade do pescado com diferentes hábitos alimentar (detritívoro, onívoro e piscívoro) através da aferição dos teores de metais pesado na musculatura;
- Realizar um inventário da ictiofauna em cinco trechos do rio Peixoto Azevedo, avaliando as variações na composição das comunidades e identificando áreas críticas para a conservação;
- Identificar ações preventivas ou de mitigação de impactos na bacia do rio Peixoto de Azevedo e em suas sub-bacias.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo (latitude de -9º 8’ a -11º 02’ e

longitude de - 53º 58’ a -55º 34’) está localizada no norte do estado de Mato Grosso, com uma pequena parcela de sua área pertencente ao estado do Pará (Figura 1).

De acordo com os dados de uso e cobertura da terra disponibilizados pelo projeto Mapbiomas (Projeto MapBiomas, 2023), no ano de 2021 a bacia do rio Peixoto Azevedo apresentava aproximadamente 40,14% de sua área composta por fragmentos de floresta natural (Figura 2). A presença humana na bacia foi representada principalmente por pastagens (45,07%), cultivo de soja (7,29%), outras culturas temporárias (2,06%) e mineração (1,57%).

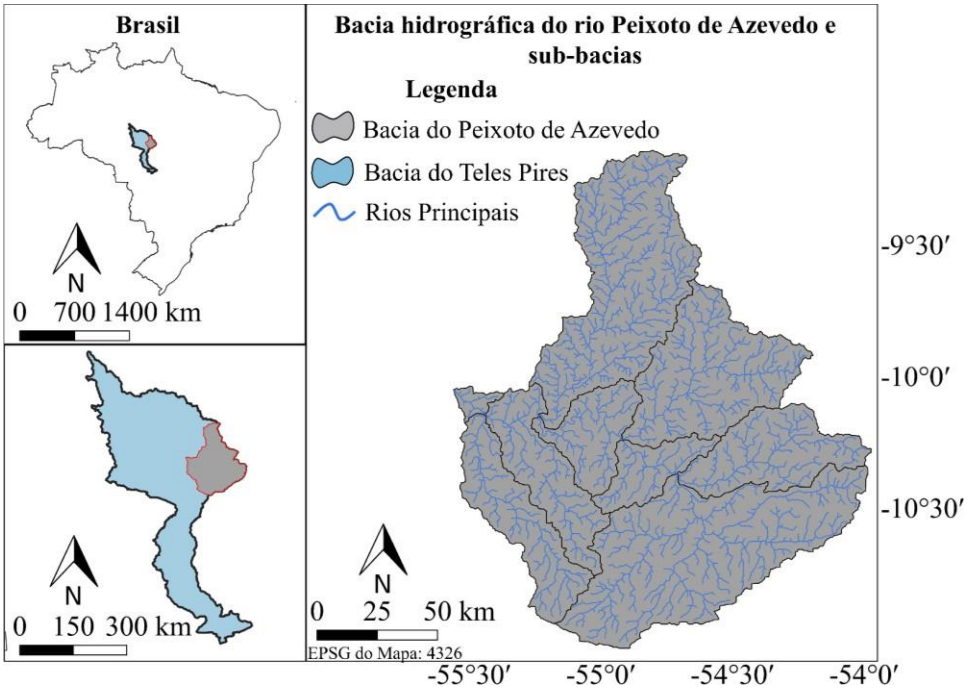


Figura 1. Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Peixoto Azevedo e sub-bacias.

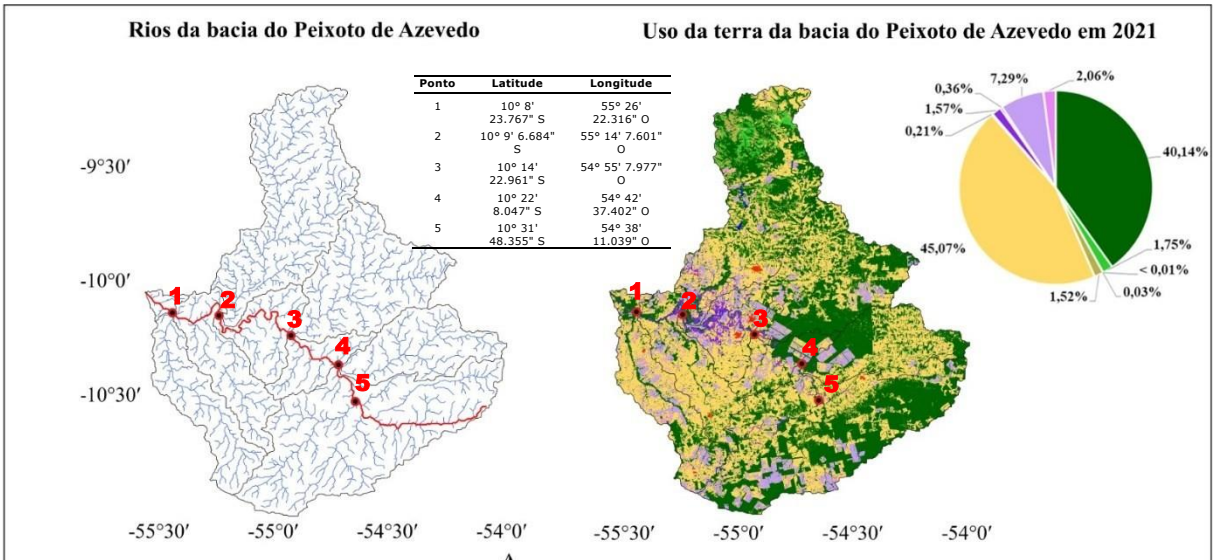


Figura 2. Mapa da rede fluvial e dos usos e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Peixoto Azevedo (em 2021), com a localização aproximada dos trechos amostrais (círculos vermelhos) ao longo da calha do rio (linha vermelha) que serão operados nos estudos limnológicos, de contaminação e ictiológico. Dados obtidos na plataforma MapBiomas.

4.2 Banco de dados geográficos

A implementação do Banco de Dados Geográficos (BDG) será realizada por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 3.22 LTR, utilizando estruturas de dados matriciais (raster) e vetoriais. A projeção cartográfica adotada será a Universal Transversa de Mercator – UTM, Datum SIRGAS 2000, 25 S, Meridiano Central 33°W.

O BDG será utilizado como uma ferramenta auxiliar para identificação e caracterização dos sistemas relacionados ao meio físico e humano, permitindo a elaboração de mapas temáticos. Estes mapas serão úteis para diagnosticar e avaliar as principais causas e consequências tanto da intensidade de uso da terra como da vulnerabilidade socioambiental existente na bacia do rio Peixoto de Azevedo e sub-bacias.

O SIG QGIS 3.22 LTR permitirá a análise espacial dos dados coletados, bem como a integração de informações de diversas fontes, possibilitando a produção de indicadores e relatórios que irão subsidiar a tomada de decisões. O BDG será alimentado com dados primários e secundários, tais como: imagens de satélite, dados de campo, cartas topográficas, entre outros, permitindo uma análise detalhada e precisa da região de interesse.

O RStudio é uma das ferramentas mais utilizadas no geoprocessamento de dados espaciais. Ele é uma interface de programação de código aberto para a linguagem R, que permite a análise de dados espaciais de forma eficiente e integrada com outras áreas da ciência de dados.

Dessa forma, o BDG será uma ferramenta importante para o monitoramento e gestão dos recursos naturais na bacia do rio Peixoto de Azevedo e sub-bacias, contribuindo para a identificação de áreas críticas e para a implementação de medidas preventivas e de mitigação de impactos

ambientais e socioeconômicos.

Serão utilizados dados hidrográficos do HydroSHEDS (Lehner & Grill, 2013) para subdividir a bacia hidrográfica do rio Peixoto de Azevedo em múltiplas sub-bacias de tributários. Essa subdivisão será realizada a partir de qualquer confluência onde o tributário e o curso principal do rio excederem o limite de tamanho, geralmente medido em pixels a montante. O HydroSHEDS que fornece uma bacia hidrográfica maior subdividida sequencialmente em unidades menores dos níveis 1 a 12. O método utilizado para essa seleção é a escala de Pfafstetter, que é uma metodologia de classificação hierárquica das sub-bacias hidrográficas com base na topologia do rio (Lehner & Grill, 2013).

Para este estudo será utilizado o refinamento do nível 9 que indica o nível de detalhamento das sub-bacias selecionadas. Essa classificação é feita de acordo com o modelo de elevação digital do terreno e considerando fatores como o tamanho e a forma da bacia hidrográfica, a rede de drenagem e a conectividade dos cursos d'água. O objetivo é selecionar as sub-bacias mais relevantes para a análise da bacia do rio Peixoto Azevedo e suas sub-bacias.

As sub-bacias hidrográficas da área da bacia do rio Peixoto Azevedo serão selecionadas no banco de dados do HydroSHEDS (Lehner & Grill, 2013), que contém uma classificação global para sub-bacias hidrográficas. No total, serão avaliadas aproximadamente 70 sub-bacias hidrográficas. Essas informações serão utilizadas para identificar e caracterizar os sistemas relativos ao meio físico e humano e para elaborar mapas temáticos que ajudarão a diagnosticar e avaliar as principais causas e consequências tanto da intensidade de uso da terra como da vulnerabilidade socioambiental existente na bacia.

4.3 Dinâmica do uso da terra e qualidade da paisagem

A análise da dinâmica do uso da terra é uma importante ferramenta para avaliar a qualidade da paisagem e os impactos decorrentes da transformação do ambiente natural em áreas agrícolas e de pecuária. Nesse sentido, a utilização de dados de Uso e Cobertura da Terra (UCT) é fundamental para a análise da evolução da cobertura do solo e da detecção de mudanças significativas. Para a bacia hidrográfica do rio Peixoto Azevedo, os dados de UCT serão obtidos junto ao projeto MapBiomas, que é uma iniciativa multi-institucional que gera mapas de uso e cobertura da terra para o Brasil entre os anos de 1985 e 2021, junto ao site do projeto Mapbiomas, coleção 7 (Projeto MapBiomas, 2023), pois a escala sugerida para as aplicações (1:100000) e o tamanho de pixel de 30m, disponibilizados pelo MapBiomas, são pertinentes ao trabalho proposto para a bacia do Peixoto Azevedo.

Os dados de UCT disponibilizados pelo MapBiomas serão reclassificados em 10 categorias equivalentes para a elaboração de mapas de uso da terra e infográficos, permitindo a avaliação da dinâmica espaço temporal de cada categoria. Essa análise permitirá a detecção de áreas que apresentaram maior intensidade de mudança do uso da terra e identificação das principais categorias "ganhadoras" e "perdedoras" em termos de área e intensidade de mudança.

Para avaliar a dinâmica da intensidade de uso da terra e a ocorrência de processos sistemáticos nas transições entre categorias, será aplicada uma análise de intensidade de uso da terra, baseada na descrita em Aldwaik & Pontius (2012). Essa análise permite a visualização espacial dos locais onde houve maior intensidade de mudança do uso da terra, identificando áreas com maiores impactos ambientais decorrentes das atividades humanas.

4.4 Índice de Sustentabilidade

O índice de sustentabilidade será construído com base nas propostas de Couto (2007), Oliveira & Reis (2017), Silva et al. (2017), Vieira & Studart (2009), e Pellicer-Martínez & Martínez-Paz (2016) e Couto et al. (2020), que foram adaptadas para a realidade brasileira e implementadas em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio de um algoritmo desenvolvido em Linguagem Espacial para Geoprocessamento utilizando o Rstudio.

O índice de sustentabilidade possui três dimensões que serão consideradas: a) uso e ocupação da terra (fator de uso da terra); b) condição física da área (fator de fragilidade potencial); e c) condição de desenvolvimento humano (fator de desenvolvimento humano). Esses fatores refletem os aspectos propostos no modelo de avaliação PEI/ER (pressão - estado - impacto/efeito - resposta), recomendado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

O índice de sustentabilidade é uma importante ferramenta para avaliar o nível de sustentabilidade de uma determinada área geográfica, levando em consideração aspectos sociais, econômicos e ambientais. No caso em questão, será atribuído peso igual para cada uma das três dimensões, visando a uma avaliação equilibrada.

O fator de uso da terra representa as pressões exercidas pelo modelo de desenvolvimento adotado na área, considerando as atividades econômicas e os padrões de ocupação da terra. Já o fator de fragilidade potencial refere-se ao estado do meio ambiente, levando em consideração a presença de áreas sensíveis ou frágeis, tais como nascentes, áreas de preservação permanente e outros ecossistemas importantes para o equilíbrio ecológico da região.

Por fim, o fator de desenvolvimento humano aborda tanto o impacto do modelo de desenvolvimento adotado pela sociedade quanto o efeito das ações desencadeadas. Esse fator avalia a qualidade de vida e o bem-estar da população local, considerando aspectos como acesso a serviços básicos (educação, saúde,

saneamento), renda e emprego, entre outros.

A atribuição de pesos iguais para cada uma dessas dimensões visa garantir que todas elas sejam consideradas igualmente importantes na avaliação do índice de sustentabilidade, sem privilegiar nenhuma delas em detrimento das outras. Dessa forma, o índice resultante poderá ser uma ferramenta útil para orientar políticas públicas e privadas que visem promover a sustentabilidade na área em questão.

O cálculo do índice de sustentabilidade ambiental é um processo complexo que envolve a análise de diversas variáveis ambientais, sociais e econômicas. Para isso, será utilizado um algoritmo desenvolvido em R, que irá integrar os dados de uso da terra, as características físicas da bacia hidrográfica e os dados socioeconômicos por setores censitários. Esses dados serão utilizados para calcular o índice de sustentabilidade ambiental (IS) da bacia hidrográfica, que será expresso numericamente entre zero e um.

O índice de sustentabilidade ambiental é composto por três fatores: o fator de uso da terra (FUT), o fator de fragilidade potencial (FFP) e o fator de desenvolvimento humano (FDH) (Equação 1).

O cálculo do índice de sustentabilidade ambiental é fundamental para avaliar a condição de sustentabilidade da bacia hidrográfica e identificar áreas que precisam de intervenção ou melhorias. Ao obter um valor mais próximo de 1, é possível afirmar que a bacia hidrográfica possui uma condição mais sustentável, enquanto valores mais baixos indicam a necessidade de ações para melhorar a sua condição ambiental, social e econômica.

$$IS = \frac{(FUT+FFP+FDH)}{3} \text{.....}(1)$$

Onde: IS é o índice de sustentabilidade da bacia, sendo 0 ≤ IS ≤ 1; O FUT está relacionado às pressõesexercidas pelo modelo de desenvolvimento adotado na região, enquanto o FFP se refere ao estado do meio ambiente e o FDH está ligado ao impacto do modelo de desenvolvimento na sociedade e às ações desencadeadas.

4.4.1.Cálculo do fator de uso da terra

O fator de uso da terra (FUT) é uma das dimensões do índice de sustentabilidade ambiental da bacia hidrográfica. Para sua composição, utiliza-se a classificação do uso da terra, que provê informações essenciais para o cálculo do índice. Cada tipo de uso da terra é atribuído a um valor de acordo com os impactos que gera no meio ambiente, com base nos pesos atribuídos na metodologia proposta por Couto (2007).

Cada tipo de uso da terra tem um impacto diferente no meio ambiente, então atribuímos um valor a cada um deles para calcular o fator de uso da terra. Por exemplo, áreas agrícolas têm um peso de 0.50, enquanto áreas de vegetação nativa têm um peso de 1.00. Isso significa que áreas de vegetação nativa são consideradas mais importantes para a sustentabilidade ambiental e receberão mais peso no cálculo do fator de uso da terra. As classes de uso da terra e seus respectivos pesos são: áreas agrícolas (0.50), áreas antropizadas não agrícolas (0.250), áreas úmidas (0.875), silvicultura (0.625) e vegetação nativa (1.00). A atribuição destes pesos à estas classes considera o grau de proteção e a susceptibilidade e perda de biodiversidade destes ecossistemas. As áreas que sofrem menor interferência antrópica recebem um peso maior, enquanto as áreas de ocupação antrópica, que causam maiores degradações ambientais, recebem pesos menores.

O FUT é determinado pela soma dos pesos atribuídos a cada classe de uso da terra na bacia hidrográfica, conforme a Equação 2. O resultado final do cálculo do FUT é um valor entre zero e um, que indica a qualidade do uso da terra na bacia hidrográfica, contribuindo para a avaliação do índice de sustentabilidade ambiental.

$$FUT = \sum S \quad \text{.....(2)}$$

Onde: S é o peso atribuído a cada classe de uso da terra na bacia, sendo $0 \leq S \leq 1$.

4.4.2 Cálculo do fator de fragilidade potencial

No cálculo deste fator, serão utilizados dados morfométricos que serão obtidos a

partir do resultado do modelo numérico de terreno (MNT), através dos dados altimétricos ALOS- PALSAR (Japan Aerospace Exploration Agency, 2007) da área de estudo que trazem dados dos aspectos físicos da bacia, que contribuíram no resultado do índice de sustentabilidade ambiental.

O cálculo do fator fragilidade potencial (FFP), será efetuado em função do índice de rugosidade (Equações 3, 4 e 5). O índice de rugosidade foi inicialmente proposto por Melton (1957), com o objetivo de expressar aspectos da topografia, e posteriormente o conceito do índice foi otimizado por Strahler (1958), sendo mais tarde aplicado por Christofoletti (1980).

$$FFP = IR \quad .....(3) \qquad IR = H \, x \, DD \quad ..... (4) \qquad DD = \frac{LT}{AB} \quad .....(5)$$

Onde: IR é o índice de rugosidade da bacia hidrográfica sendo 0 < IR <1; H é a amplitude altimétrica da bacia hidrográfica; DD é a densidade de drenagem na bacia hidrográfica; AB é a área da bacia hidrográfica; LT é o comprimento total dos canais por bacia hidrográfica

Para a escala geográfica desta pesquisa, será necessário a setorização da bacia hidrográfica do rio Peixoto Azevedo em sub-bacias para que obtivesse maior quantidade de resultados do cálculo do índice de rugosidade ao longo da sua extensão. Desse modo, optou-se por uma setorização das sub-bacias através de uma área a partir de 10 mil km², para limitar o tamanho mínimo de cada sub-bacia.

4.4.3.Cálculo do fator de desenvolvimento humano

O fator de desenvolvimento humano (FDH) será calculado por meio da adaptação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) e informações municipais do Censo Demográfico do ano 2010/2021 IBGE.

Tendo como base a proposta de Couto (2007) e Couto et al., (2020), o IDHM será adaptado de forma a incluir a dimensão saneamento, que envolve o uso de recursos hídricos e a sustentabilidade de uma área, sobretudo considerando a situação socioeconômica das comunidades, sendo composto ainda pelas

dimensões de educação, longevidade e renda (Equação 6).

$$FDH = \frac{IDH_E + IDH_S + IDH_L + IDH\ R}{4} \quad .....(6)$$

Onde: IDHE é a dimensão educação; IDHS é a dimensão saneamento; IDHL é a dimensão longevidade e IDHR é a dimensão renda.

O FDH possuiu como unidade básica de análise o setor censitário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em análise das quatros dimensões propostas e após os cálculos destes, os valores serão atribuídos algoritmicamente aos seus setores, para poder realizar posteriormente o cruzamento dos dados, a fim de encontrar o índice de sustentabilidade ambiental.

As unidades dos setores censitários serão analisadas seguindo as cinco faixas de desenvolvimento humano municipal: muito baixo (menor que 0,499), baixo (entre 0,500 e 0,599), médio (entre 0,600 e 0,699), alto (entre 0,700 e 0,799) e muito alto (maior ou igual a 0,800) recomentado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2013).

A dimensão educação (IDHE) refere-se a taxa de alfabetização da população e o número médio de anos de estudo dos responsáveis pelos domicílios dos municípios (Equação 7), sendo a taxa de alfabetização correspondendo 60% do IDHE, e os 40% restante a quantidade de anos de estudos dos responsáveis pelos domicílios por serem bons indicativos na determinação do número de anos estudados pelos dependentes menores.

$$IDH_E = (TA\ x\ 0{,}60) + (AE\ x\ 0{,}40) \quad .....(7)$$

Onde: TA é a taxa de alfabetização, sendo 0≤TA≤1; AE é o número médio de anos de estudo, sendo 0 ≤ AE ≤ 1.

A dimensão saneamento (IDHS) definiu-se com as mesmas proporções proposta por Couto (2007) e Couto et al., (2020) levando em consideração a taxa de abastecimento de água, a taxa de coleta de esgotos e a taxa de moradores por domicílio (Equação 8), sendo a taxa de domicílios abastecidos pela rede pública

de água correspondendo a 50% na composição do índice, pela taxa de domicílios com coleta de esgotos correspondendo a 40% na composição do índice e pela média de moradores por domicílio correspondendo a 10% na composição do índice.

$$IDH_S = (TAA\ x\ 0{,}50) + (TCE\ x\ 0{,}40) + (TMD\ x\ 0{,}10) \quad .....(8)$$

Onde: IDH_S é a dimensão saneamento; TAA é a taxa de abastecimento de água, sendo $0 \leq TAA \leq 1$; TCE é a taxa de coleta de esgotos, sendo $0 \leq TCE \leq 1$; TMD é a taxa de moradores por domicílio, sendo $0 \leq TMD \leq 1$.

A dimensão longevidade considera o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (Equação 9) relativo a longevidade e o fator de longevidade.

$$IDH_L = IDHM_L\ x\ FL \quad .....(9)$$

Onde: IDHL é a dimensão longevidade; IDHML é o índice de desenvolvimento humano municipal na dimensão longevidade.

O fator de longevidade irá considerar o número de habitantes do setor censitário que ultrapassa a esperança de vida ao nascer (EVN) do município em anos, o quanto ultrapassa e em quais setores a população não alcança esse valor, com base nas seguintes considerações: o setor não alcança a EVN estimada para o município, então FL = 0; o setor alcança a EVN estimada para o município mas não ultrapassa, então FL =1 e IDHL = IDHML ; o setor ultrapassa a EVN estimada para o município, então FL irá majorar o valor do IDHML.

O cálculo do fator de longevidade estabelecerá como base o quanto, em média, o setor censitário ultrapassa a EVN estimada para o município ao qual pertence (Equações 10 e 11).

$$EVN_+ = \frac{\sum nº\ hab.que\ ultrapassam\ EVN\ x\ idade}{nº\ hab.que\ ultrapassam\ EVN} \quad .....(10)$$

$$FL = 1 + \frac{LLB_+ - LLB}{LLB} \quad .....(11)$$

Onde: EVN+ é a média de idade acima da EVN verificada para cada setor do município, de acordo com a EVN estimada para cada município; FL é o percentual que a EVN+ significa em termos de EVN, ou seja, o percentual a majorar no $IDHM_L$ se o setor superar a EVN estimada para o município.

A dimensão renda considerou a renda per capita dos responsáveis por domicílios particulares permanentes e valores de referência mínimo e máximo, em reais, de acordo com os padrões apresentados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2013) (Equação 12).

$$IDH_R = \frac{(\log RDPP) - (\log VR_{Min})}{(\log VR_{Max}) - (\log VR_{Min})} \quad \text{.....(12)}$$

Onde: IDH_R é a dimensão renda; RDPP é a renda per capita dos responsáveis por domicílios particulares permanentes; VR_{Min} é o valor de referência mínimo; VR_{Max} é o valor de referência máximo.

A aplicação do logaritmo presente na fórmula aproxima os valores de renda per capita dos menores e, com isso, reduz a desigualdade de renda existente. Mas esse procedimento considera que, à medida que a renda per capita se eleva, o retorno desse acréscimo de renda, em termos de desenvolvimento humano, diminui. (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2013).

O valor de referência mínimo presente no cálculo foi de R$8,00, que corresponde a aproximadamente US$100 em relação a paridade do poder de compra (PPC), limite adotado para o cálculo do IDH Global, já o valor de referência máximo corresponde a R$4.033,00, valor da menor renda per capita entre os 10% mais ricos residentes na Unidade de Federação com maior renda média do país, o Distrito Federal, a partir dos rendimentos apurados com base nos Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2013).

Ao concluir a etapa de coleta dos três fatores ambientais (FUT, FFP e FDH), o próximo passo será utilizar o software Rstudio para desenvolver um algoritmo

capaz de cruzar os dados dos fatores analisados e gerar o índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica do rio Peixoto Azevedo e suas sub-bacias. O Rstudio é um ambiente integrado de desenvolvimento para a linguagem de programação R, com recursos avançados para análise estatística e visualização de dados.

A partir do índice de sustentabilidade obtido, será possível identificar áreas com baixos valores de sustentabilidade na bacia hidrográfica do rio Peixoto Azevedo. Essas áreas podem ser alvos de planejamento e gerenciamento ambiental para aprimorar a sustentabilidade ecológica da região. O índice de sustentabilidade é uma ferramenta importante para a gestão ambiental e ajuda a identificar áreas que precisam de ações prioritárias de conservação, proteção e restauração.

4.5 Qualidade da Água

Para inferências acerca da qualidade da água ao longo do rio Peixoto Azevedo (Figura 2), as características limnológica básica deverão ser tomadas trimestralmente ao amanhecer (6:00h), de manhã (11:00hs), a tarde (16hs) e durante a noite (22:00h), em 10 pontos de amostragem distribuído ao longo da bacia, considerando os principais uso das sub-bacias (pecuária, agricultura, mineração, urbanização). Os cinco pontos de aferição limnológica ao longo da calha serão posicionados próximos e a montante da foz dos principais afluentes, sendo que nesses afluentes as medições serão realizadas a montante da desembocadura. As amostragens na calha do rio e no tributário serão conduzidas concomitantemente. Os dados de qualidade de água a serem avaliados serão a temperatura da água (oC), turbidez (NTU), transparência (m), condutividade (µS/cm), pH, oxigênio dissolvido (mg/l), e concentrações de nitrogênio total (mg/l) e fósforo total (mg/l). Exceto as duas últimas, para as quais não se espera variações diárias, as demais serão aferidas nos distintos horários do dia com o auxílio de sondas multiparâmetros utilizada diretamente no corpo de água ou em amostras obtidas e conservadas, conforme a variável considerada. Para os

nutrientes estima-se apenas uma amostra por local e dia.

Face aos usos predominantes das encostas e canal do rio (agricultura, pecuária e mineração; Figura 2) serão também objeto de análise a água, para aferição das concentrações de agrotóxicos, e o sedimento, para determinação dos teores de metais pesados. Estas amostras deverão ser coletadas entre os meses de novembro e janeiro, ou seja, imediatamente após o período de plantio da soja, nos mesmos pontos em que serão aferidas as demais variáveis. Os procedimentos de coleta e conservação das amostras (até a análise) seguirão estritamente as recomendações para cada um dos grupos de contaminantes (ver lista no Quadro abaixo). As análises serão realizadas em laboratórios certificados.

Quadro I. Lista de variáveis a serem analisados na água (agrotóxico), sedimento (metais pesados).

AGROTÓXICOS	Método/Complemento
2,4-D	SVOC - Leis - Água
Alaclor	SVOC - Leis - Água
Aldicarb + Aldicarb Sulfona + Aldicarb Sulfóxido	SVOC - LC-MS - Portaria
Aldrin + Dieldrin	SVOC - Leis - Água
Ametrina	SVOC - LC-MS - Portaria
Atrazina + S-Clorotriazinas (DEA, DIA, DACT)	SVOC - LC-MS - Portaria
Carbendazim	SVOC - LC-MS - Portaria
Carbofuran	SVOC - LC-MS - Portaria
Ciproconazole	SVOC - LC-MS - Portaria
Trans Clordano (Gama Clordano)	SVOC - Leis - Água
Clorotalonil	SVOC - Leis - Água
Clorpirifós + Clorpirifós-oxon	SVOC - LC-MS - Portaria
p,p-DDT + p,p-DDD + p,p-DDE	SVOC - Leis - Água
Difenoconazol	SVOC - LC-MS - Portaria
Dimetoato + Ometoato	SVOC - Dimetoato + Ometoato (Cálculo)
Diuron	SVOC - LC-MS - Portaria
Epoxiconazol	SVOC - LC-MS - Portaria
Fipronil	SVOC - LC-MS - Portaria
Flutriafol	SVOC - LC-MS - Portaria
Glifosato + AMPA	Ânions Comuns
Hidroxi-Atrazina	SVOC - LC-MS - Portaria
Lindano (g-HCH)	SVOC - Leis - Água

Malationa	SVOC - Leis - Água
Mancozebe + ETU	SVOC - LC-MS - Portaria
Metamidofós + Acefato	SVOC - LC-MS - Portaria
Metolacloro	SVOC - Leis - Água
Metribuzim	SVOC - LC-MS - Portaria
Molinato	SVOC - Leis - Água
Paraquat	SVOC Paraquat LCMS (água)
Picloram	SVOC - Leis - Água
Profenofós	SVOC - LC-MS - Portaria
Propargito	SVOC - LC-MS - Portaria
Protioconazol + ProtioconazolDestio	SVOC - LC-MS - Portaria
Simazina	SVOC - Leis - Água
Tebuconazol	SVOC - LC-MS - Portaria
Terbufós	SVOC - Leis - Água
Tiametoxam	SVOC - LC-MS - Portaria
Tiodicarbe	SVOC - LC-MS - Portaria
Tiram	SVOC - LC-MS - Portaria
Trifluralina	SVOC - Leis - Água
METAIS PESADOS	**Método/Complemento**
Alumínio	Metais 01 - Sólidos
Antimônio	Metais 01 - Sólidos
Arsênio	Metais 01 - Sólidos
Bário	Metais 01 - Sólidos
Boro	Metais 01 - Sólidos
Cádmio	Metais 01 - Sólidos
Chumbo	Metais 01 - Sólidos
Cobalto	Metais 01 - Sólidos
Cobre	Metais 01 - Sólidos
Cromo	Metais 01 - Sólidos
Ferro	Metais 01 - Sólidos
Manganês	Metais 01 - Sólidos
Mercúrio	Mercúrio - Amostras Sólidas
Molibdênio	Metais 01 - Sólidos
Níquel	Metais 01 - Sólidos
Prata	Metais 01 - Sólidos
Selênio	Metais 01 - Sólidos
Vanádio	Metais 01 - Sólidos
Zinco	Metais 01 - Sólidos
Porcentagem de Sólidos	UMIDADE 105 E CINZAS 550

4.6 Ictiofauna

A composição e abundância da ictiofauna na bacia do rio Peixoto Azevedo e suas variações sazonal e espacial serão avaliadas com base em amostragens trimestrais realizadas em cinco trechos ao longo do rio Peixoto Azevedo, nos mesmos segmentos onde serão aferidos os dados limnológicos - Figura 2. As amostragens serão realizadas com duas baterias de redes de espera de 10 m de comprimento cada e malhagem variada (malhagens 24, 30, 40, 50, 60, 70,

80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200 e 240 mm, entre nós opostos), exposta por 24 horas, sendo revistadas de 8 em 8 horas. Adicionalmente, serão realizados arrastos com rede picaré (malha de 10 mm, comprimento de 10 m e altura de 1 m), cobrindo áreas marginais com dimensões aproximadas de 30 m2. Tarrafas com malha de 10 mm deverão ser operadas com dez lances durante a manhã e dez à tarde, preferencialmente em áreas de maior velocidade da água. Os peixes capturados deverão ser anestesiados, mortos e fixados em formalina, sendo levados para análise em laboratório juntamente com anotações do local de captura, horário, data e aparelho de pesca. No laboratório deverão ser identificados, medidos e pesados, sendo destinado ao tombamento em museu de ictiologia. Espécies ameaçadas serão, se capturadas vivas, medidas e liberadas na área de captura. Sugere-se que as capturas não excedam a 30 indivíduos por espécie, que deverão ser contados, medidos e tombados, sendo os demais liberados na água, ainda vivos. Ressalta-se, no entanto, que a delimitação do número máximo de indivíduos por espécie a serem destinados a análise laboratorial e tombamento será estabelecido no contexto da emissão da Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (Abio), a ser emitida pelo órgão ambiental.

4.7 Contaminação do pescado

A detecção e quantificação dos teores de metais pesados em espécies de peixes de interesse à pesca e pertencentes a diferentes níveis tróficos, principalmente piscívoras (topo de cadeia alimentar), onívoras (dieta diversificada) e detritívoras (alimentação baseada no sedimento), serão realizadas no rio Peixoto Azevedo. Para isso, serão utilizados peixes capturados ao longo da bacia durante os estudos ictiofaunísticos (Figura 2) e, se necessário, peixe fresco obtidos no comércio local, sempre buscando diversificação de tamanho e sexo.

As variáveis de qualidade de pescado consideradas nesse projeto são metais pesados (mercúrio, arsênio, cádmio, cobre, chumbo, manganês, ferro e zinco). Serão avaliados 10 indivíduos de cada categoria trófica (piscívoros, onívoros e detritívoros), capturados ao longo do ano. Os procedimentos na coleta da amostra, pré-tratamento, preservação e estocagem das amostras seguirão estritamente o que é preconizado para cada tipo de análise, sendo essas realizadas em laboratórios certificados.

A avaliação de riscos para o consumo humano do pescado deverá ser realizada com base em limites específicos de teores estabelecidos pela Câmara Técnica de Alimentos do Ministério da Saúde. Medidas mitigadoras ou compensatórias serão propostas, caso demandadas pelos resultados.

4.8 Análise de dados

A caracterização da qualidade da água ao longo da bacia do rio Peixoto Azevedo será feita graficamente com base nos dados médios (± desvio) das variáveis limnológicas básicas consideradas. Para avaliar a variabilidade nas escalas espacial e temporal das características limnológicas simultaneamente será utilizada uma análise multivariada (de ordenação), possivelmente a análise de componentes principais (PCA; Gauch Jr., 1984). As variáveis que mais influenciarem a PCA serão determinadas através dos autovetores (correlação ou coeficientes de estrutura) que representam as variáveis originais. Os escores da PCA serão gerados e utilizados em análises posteriores da ictiofauna. Amostras próximas na ordenação

são as que apresentam características limnológicas semelhantes. Para determinar quais os eixos que deverão ser interpretados utilizar-se-á o critério de Kaiser-Guttman (Jackson, 1993).

Médias e desvio padrão da riqueza (número) de espécies, da equitabilidade na distribuição dos indivíduos nas espécies e dos valores do Índice de Diversidade de Shannon, por amostra, serão utilizadas para avaliar as variações espaciais e temporais para esses atributos de comunidades. O Índice de Diversidade de Shannon (H') (Pielou, 1975) será estimado a partir da seguinte equação:

$$H' = - S(n_i/N) \,.\, \log(n_i/N) \,.\, (13)$$

onde: n_i = número de indivíduos na *i*-nésima espécie / N = número total de indivíduos

A equitabilidade (E) de distribuição das capturas pelas espécies, estimada em cada estação, será baseada na seguinte equação (Pielou, 1975):

$$E = H'/ \log S \ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

onde: H' = índice de diversidade de Shannon / S = número de espécies

Para verificar possíveis diferenças entre diferentes biótopos, será gerada uma matriz de presença e ausência para a região litorânea amostradas com redes de arrasto, os remansos de rios e reservatórios com redes de espera, áreas lóticas (corredeiras) com tarrafas. Da matriz de presença e ausência gerada será aplicada uma Análise de Correspondência (CA; Gauch Jr., 1984), que é menos sensível à existência de muitos zeros (Olden et al., 2001), com o objetivo de ordenar as amostras e visualizar a existência de grupos de acordo com os biótopos que os diversos aparelhos de pesca são mais efetivos.

Embora a escolha dos métodos de análise dos dados obtidos durante o monitoramento dependa das planilhas geradas e a forma de análise possa incorporar outras ferramentas de análise mais adequada, uma proposta de protocolo de análise é apresentada abaixo.

As análises das variações espaciais e temporais na abundância deverão ser

baseadas em dados de captura por unidade de esforço (CPUE) e densidade. Assim, o esforço deverá ser expresso, para redes, em 1000 m2 em 24hs; tarrafas, em número de lances; espinheis em número de anzol em 24hs, arrastes em densidade por m2, e densidade de ovos e larvas, em 10 m3.

As matrizes de abundâncias (captura por unidade de esforço – CPUE; número de indivíduos por 1000 m2 de rede em 24 h) serão ordenadas para verificar as variações na assembleia de peixes ao longo do tempo, o que permitirá identificar as alterações decorrentes do represamento. Em seguida, será gerada uma matriz de similaridade, com os valores da medida de Bray-Curtis (Anderson et al., 2001), controlando a amostra (mês e estação de amostragem). Na mesma matriz será aplicada a análise de coordenadas principais (PCoA; como em Legendre & Legendre, 1998). Os primeiros eixos da PCoA serão retidos para interpretação por representarem as principais tendências na matriz de dados originais.

Para identificar as estações que mais se diferenciaram, será calculada a distância entre os centroides. Assim, estações de amostragem que apresentarem poucas alterações na estrutura das assembleias de peixes mostrarão pequena distância entre os centroides, enquanto o oposto é verdadeiro.

Para identificar as espécies que mais contribuíram para os padrões de similaridade estrutural e dissimilaridade das assembleias, serão realizadas análises de distribuição de abundâncias por porcentagem de contribuição de cada espécie em relação ao fator local, denominada SIMPER (porcentagens de similaridade baseadas na distância de Bray-Curtis), uma vez que esse é o objetivo principal dessa análise. Será obtida, nesta rotina, tanto a contribuição para as similaridades médias dentro de um grupo quanto à dissimilaridade média entre grupos, de acordo com a fórmula (Clarke & Warwick, 2001):

$$jk(i) = 100.\ |(y_{ij} - y_{ik})| \ / \ \Sigma^{p}_{i=1}(y_{ij}+y_{ik}) \qquad (15)$$

Onde: jk: dissimilaridade de Bray Curtis entre amostras (j e k)/ith: espécies /yi: unidade dos pares de amostras

A contribuição de cada espécie para o fator considerado (ambientes ou estações

de amostragem) será calculada a partir de pares de amostras dentro de cada um. Por fim, a dissimilaridade média será obtida a partir de um desmembramento dos pares de amostras que determinam o valor de contribuição de cada espécie para a dissimilaridade entre os agrupamentos. Contribuições maiores que 10% (na similaridade e na dissimilaridade) serão utilizadas para identificar as principais espécies contribuintes para a similaridade ou distinção entre os agrupamentos.

Para o SIMPER, quando as amostras se sobrepõem, a dissimilaridade é baixa (ou nula; Fig. 3), indicando que as mesmas espécies contribuem para os agrupamentos de ambos os locais/períodos. Quando as amostras se afastam no espaço multivariado, a dissimilaridade aumenta: esse aumento pode ser decorrente de diferenças da abundância (ou proporções) em espécies comuns ou diferentes espécies. Então, se uma mesma espécie apresentar abundância homogênea dentro dos locais/períodos, mas com diferentes valores (muito alta em um local, mas no outro "apenas" alta), ela pode contribuir tanto para a similaridade dentro do grupo, como para a dissimilaridade entre grupos.

Com o objetivo de avaliar se a estrutura das assembleias de peixes (sumarizadas na PCoA) pode ser embasada nas variáveis ambientais (abióticas sumarizadas nos eixos da PCA), os eixos retidos para interpretação serão correlacionados (os da PCA com os da PCoA) através de correlação de Pearson. A existência de associação entre os eixos indicará que os escores de uma análise estarão relacionados com o de outra e, portanto, existirá uma distribuição das assembleias de peixes de acordo com as variáveis abióticas.

5. Resultados Esperados

A execução dessa proposta deverá resultar num documento que terá como base, entre outros, os seguintes produtos:

- Mapas do uso e cobertura da terra e da intensidade de uso da terra de 1985 a 2021 para a bacia do rio Peixoto de Azevedo;
- Identificação das principais categorias de uso da terra responsáveis pela perda da vegetação natural;

- Mapa das sub-bacias hidrográficas;
- Mapa do fator de uso da terra (FUT);
- Mapa do fator de fragilidade potencial (FFP);
- Mapa do fator de desenvolvimento humano (FDH);
- Mapa do índice de sustentabilidade da bacia hidrográfica;
- Mapa de Vulnerabilidades das Unidades Territoriais Básicas;
- Panorama da qualidade da água e sua variação sazonal ao longo do rio Peixoto Azevedo e seus tributários;
- Padrões de variação na qualidade da água conforme o uso das encostas e recursos hídricos;
- Inventário da ictiofauna da bacia do rio Peixoto Azevedo e suas variações sazonais e uso dos recursos hídricos e das encostas;
- Identificação das áreas prioritárias para a conservação da ictiofauna na bacia;
- Identificação de ações preventivas ou de mitigação de impactos na bacia.

6. Recursos

6.1 Recursos Humanos

Para a execução de todas as etapas desse projeto, exceto aquelas que demandam laboratórios especializados (análises de Fósforo e Nitrogênio; análise de agrotóxicos e metais pesados) ou museus (resolução de dúvidas na identificação e depósito de material testemunho), serão necessários:

- Um Geógrafo com experiência em geoprocessamento e sustentabilidade, que possui amplo conhecimento sobre dados censitários do Brasil e geografia populacional, além de habilidades em programação em R e Python.
- Um Ecólogo com experiência em ecologia de paisagem, geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, especializado em dados de uso da terra e com domínio avançado da plataforma Mapbiomas. Além disso, possui conhecimentos em análise de intensidade de uso da

terra, SIG, construção de mapas e habilidades em programação em R e Python.

- Um Biólogo com experiência em técnicas de amostragem, estudos de ecologia (comunidades, populações, impactos) e biologia de peixes (reprodução) e desenvoltura com taxonomia de peixes da bacia do Teles Pires.
- Técnicos/auxiliares (4) responsáveis pela parte operacional de captura, triagem e fixação/acondicionamento de peixes em campo e auxílio no processamento do material biológico em laboratório. Nessa equipe é demandado pelo menos um pescador com experiência nas artes de pesca a serem empregadas e um técnico com amplo conhecimento na tomada de dados físicos e químicos da água, bem como no acondicionamento e etiquetagem de amostras.

6.2 Recursos Materiais

Para a execução destas atividades estão previstos os seguintes materiais:

- Veículos e embarcações;
- Aparelhos de pesca (redes de espera, redes de arrastos e tarrafas);
- Equipamentos (sondas multiparâmentros, disco de Secchi, balanças e microscópios estereoscópios, paquímetro);
- Frascos;
- Soluções e reagentes (Formaldeído e Álcool);
- Computadores.

7. CRONOGRAMA:

DESCRIÇÃO	2023						2024						2025					
	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D	J-F	M-A	M-J	J-A	S-O	N-D
Construção do banco de dados e avaliação histórica do uso e ocupação da bacia							■	■										
Elaboração e Análise: mapasde uso da terra								■	■									
Elaboração dos mapas temáticos								■	■	■								
Execução da álgebra de mapas									■	■								
Mapeamento do índice de sustentabilidade										■	■							
Qualidade da água – trabalhos em campo							■	■		■	■							
Qualidade da água: laboratório e análise de dados							■	■		■	■							
Ictiofauna – trabalhos em campo							■	■		■	■							
Ictiofauna – laboratório e análise de dados							■	■		■	■							
Identificação de áreas prioritárias para a conservação da ictiofauna										■	■	■						
Identificação de ações preventivas ou de mitigação.											■	■	■					
Elaboração de relatórios de acompanhamento								■			■							
Elaboração do documento final												■	■					

8. REFERÊNCIAS

Araujo, E.C.G., Sanquetta, C., Corte, A., Pelissari, A., Orso, G. & Silva, T. 2023. Global review and state-of-the-art of biomass and carbon stock in the Amazon. Journal of Environmental Management, 331: 117251.

Athayde, S., Duarte, C.G., Gallardo, A.L.C.F., Moretto, E.M., Sangoi, L.A., Dibo, A.P. A., et al. 2019. Improving policies and instruments to address cumulative impacts of small hydropower in the Amazon. Energy Policy, 132: 265–271.

Agostinho A.A. & Zalewski M. 1995 The dependence of fish community structure and dynamics on floodplain and riparian ecotone in Paraná River, Brazil. Hydrobiologia, 303: 141−148.

Aldwaik, S. & Pontius, R. 2012. Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. Landsc. Urban Plan., 106(1): 103-114.

Anderson M.J., Gorley R.N & Clarke K.R. 2001. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER E: Plymouth, UK.

Birindelli, J.L.O. & Sidlauskas, B.L. 2018. Preface: How far has Neotropical Ichthyology progressed in twenty years? Neotropical Ichthyology, 16(3): e180128.

Borges, F.J.A. & Loyola, R. 2020. Climate and land-use change refugia for Brazilian Cerrado birds. Perspectives in Ecology and Conservation, 18: 109-115.

Bowman, K.W., Dale, S.A., Dhanani, S., Nehru, J. & Rabishaw, B.T. 2021. Environmental degradation of indigenous protected areas of the Amazon as a slow onset event. Current Opinion in Environmental Sustainability, 50: 260–271.

Braga, T.M., Freitas, A.P.G., Duarte, G.S. & Carepa-Sousa, J. 2009. Índices de sustentabilidade municipal: o desafio de mensurar. Nova Economia, 14(3): 11-33.

Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.

Couto, O.F.V. Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para Bacias Hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 172 f.

Couto, E.V., Oliveira, P.B., Vieira, L.M., Schmitz, M.H. & Ferreira, J.H.D. 2020. Integrating Environmental, Geographical and Social Data to Assess Sustainability in Hydrographic Basins: The ESI Approach. Sustainability, 12(7): 3057.

Crepani, E.M.; Medeiros, J.S., Hernandez Filho, P., Florenzano, T.G., Duarte, V. & Barbosa, C.C.F. 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico- econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos, INPE. 124p.

Christofoletti, A. 1980. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, p. 188.

Duponchelle, F., Isaac, V.J., Doria, C.R.C., Van-Damme, P.A., Herrera-R, G.A., Anderson, E.P., et al. 2021. Conservation of migratory fishes in the Amazon basin. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 31(5): 1087–1105.

Ferrante, L., Gomes, M., & Fearnside, P.M. 2020. Amazonian indigenous peoples are threatened by Brazil's Highway BR-319. Land Use Policy, 94: 104548.

Gauch JR, H.G. 1984. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge: Cambridge University Press (Cambridge studies in ecology; 1). 298 p.

Gomes, V.H.F., Vieira, I.C.G., Salomão, R.P & Steege, H. 2019. Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. Nature Climate Change, 9: 547-553.

Goulding, M., Barthem, R., Ferreira, E. 2003. The Smithsonian Atlas of the Amazon. Library Congress Cataloging, 251 p.

Hoang, N.T. & Kanemoto, K. 2021. Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests. Nature Ecology & Evolution, 5: 845-853.

IUCN – International Union for Conservation of Nature. 2023. Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria. Version 15. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Disponível em: [https://nc.iucnredlist.org/redlist/content/attachment_files/RedListGuidelines.pdf] Accesso: fev. 2023.

Jacobson, A.P., Riggio, J., M. Tait, A. & E.M. Baillie, J. (2019). Global areas of low human impact ("Low Impact Areas") and fragmentation of the natural world. Scientific Reports, 9(1): 14179.

Jackson, D.A. 1993. Estopping rules in principal component analysis: a comparasion of heuristical and statistical approches. Ecology. 74(8): 2204-2214.

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). 2007. Earth Observation Research Center. ALOS user handbook. NDX-070015. 146 p. Disponível em: [http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/doc/handbk.htm] Acesso: fev. 2023.

Kohler, M.R., Bampi, A.C., Silva, C.A.F. da, Arantes, A. & Gaspar, W.J. 2021. O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso. Research, Society and Development, 10(11): e66101119252.

Lehner, B. & Grill, Günther. 2013. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. Hydrological Processes, 27(15): 2171-2186.

Legendre, P. & Legrendre, L. 1998. Numerical ecology – 2nd. English edition. Elsevier, Amsterdam.

Marcelino, A.C.S., Sousa-Junior, M.F., Hoegen, T.S., de Paula, L.G.P. & Uliana, E.M. 2019. Características fisiográficas de sub-bacias hidrográficas do rio Peixoto de Azevedo, Mato Grosso, Brasil. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19: 96051.

Medina, G.S., Pokorny, B. & Campbell, B. 2022. Forest governance in the Amazon: Favoring the emergence of local management systems. World Development, 149: 105696.

Melton, M.A. 1957. An analysis of the among elements of climate, surface properties and geomorphology. Technical Report (11). Columbia University, Dept. Geology.

Mol, J.H., Ramlal, J.S., Lietar, C. & Verloo, M. 2001. Mercury Contamination in Freshwater, Estuarine, and Marine Fishes in Relation to Small-Scale Gold Mining in Suriname, South America. Environmental Research, 86(2): 183–197.

Moreno-Brush, M., McLagan, D.S. & Biester, H. 2019. Fate of mercury from artisanal and small- scale gold mining in tropical rivers: Hydrological and biogeochemical controls. A critical review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 1–39.

Olden, J.D.; Jackson, D.A. & Peres-Neto, P.R. 2001. Spatial isolation and fish communities in drainage lakes. Oecologia, v.127, p.572-585.

Oliveira, V.M.M. & Reis, L.M.M. 2017. Conflitos em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Pitimbu-RN: proposta de um indicador institucional de sustentabilidade. Guaju, Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável, 3(1): 91-119.

Oliveira, A.G., Lopes, T.M., Angulo-Valencia, M.A., Dias, R.M., Suzuki, H.I., Costa, I.C.B. & Agostinho, A.A. 2020. Relationship of Freshwater Fish Recruitment With Distinct Reproductive Strategies and Flood Attributes: A Long-Term View in the Upper Paraná River Floodplain. Frontiers in Environmental Science, 8: 577181.

Özdemir, E.D., Härdtlein, M., Jenssen, T., Zech, D. & Eltrop, L. 2011. A confusion of tongues or the art of aggregating indicators—Reflections on four projective methodologies on sustainability measurement. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(5): 2385–2396.

Palheta, J.M., Silva, C.N. da, Oliveira Neto, A. & Nascimento, F.R. do. 2017. Conflicts over the use of territory in mineral Amazon. Mercator, 16(10): 1–18.

Pellicer-Martínez, F. & Martínez-Paz, J.M. 2016. The Water Footprint as an indicator of environmental sustainability in water use at the river basin level. Science Total Environment, 571: 561–574.

Pielou, E.C. 1975. Ecological Diversity. New York: John Wiley, 165 p.

Polizel, S.P., Vieira, R.M.S.P., Pompeu, J., Ferreira, Y.C., Sousa-Neto, E.R., Barbosa, A.A. & Ometto, J.P.H.B. 2021. Analysing the dynamics of land use in the context of current conservation policies and land tenure in the Cerrado – MATOPIBA region (Brazil). Land Use Policy, 109: 105713.

Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013: O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro. Brasília: PNUD/IPEA/FJP, 2013. Disponível em: [http://www.atlasbrasil.org.br/consulta/]. Acesso: fev. 2023.

Projeto MapBiomas – Coleção 7 da série anual de mapas de uso e cobertura da terra do Brasil. Disponível em: [http://brasil.mapbiomas.org] Acesso: fev. 2023.

Queiroz, J., Gasparinetti, P., Bakker, L.B., Lobo, F. & Nagel, G. 2022. Socioeconomic cost of dredge boat gold mining in the Tapajós basin, eastern Amazon. Resources Policy, 79: 103102.

Reis, R.E., Albert, J.S., Di Dario, F., Mincarone, M.M., Petry, P. & Rocha, L.A. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. Journal of Fish Biology, 89(1): 12-47.

Silva, D.C.C., Filho, J.L.A., Oliveira, R.A. & Lourenço, R.W. 2017. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. Caderno de Geografia, 27(50): 455-466.

Siqueira-Gay, J., Metzger, J.P., Sánchez, L.E. & Sonter, L.J. 2022. Strategic planning to mitigate mining impacts on protected areas in the Brazilian Amazon. Nature Sustainability, 5: 853-860.

Souza, L.C.D., Carvalho, M.A.C., Corrêa, B.S & Silva, M.P. 2008. Consequências da atividade garimpeira nas margens do Rio Peixoto de Azevedo no perímetro urbano do município de Peixoto de Azevedo - MT. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 8: 220-231.

Strahler, A.N. 1952. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosional topography. Geol. Soc. America Bulletin, 63(10):1117-1142.

Strand, J., Soares-Filho, B., Costa, M.H., Oliveira, U., Ribeiro, S.C., Pires, G.F et al. 2018. Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon Forest's Ecosystem Services. Nature Sustainability, 1(11): 657–664.

Vasconcellos, A.C.S., Ferreira, S.R.B., Sousa, C.C., Oliveira, M.W., Lima, M.O. & Basta, P.C. 2022. Health Risk Assessment Attributed to Consumption of Fish Contaminated with Mercury in the Rio Branco Basin, Roraima, Amazon, Brazil. Toxics, 10(9): 516.

Vieira, P.M.S. & Studart, T.M.C. 2009. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro-Ambiental de Áreas Serra-nas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 14(4): 125- 136.

Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., et al. 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science, 351(6269): 128–129.

Yofukuji, K.Y., Cardoso, A.L.P, Schmitz, M.H. & Fugi, R. 2023. A longitudinal gradient in the taxonomic, functional, and phylogenetic diversity of freshwater fish in a subtropical river system. Hydrobiologia. 850: 1175-1187.