

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

Carolina Batista Nunes

**CONHECIMENTO DE PESCADORES SOBRE MUDANÇAS AMBIENTAIS NA  
ÁGUA E NO PULSO DE INUNDAÇÃO DOS RIOS TAPAJÓS E TOCANTINS,  
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Porto Alegre  
2022

Carolina Batista Nunes

**CONHECIMENTO DE PESCADORES SOBRE MUDANÇAS AMBIENTAIS NA  
ÁGUA E NO PULSO DE INUNDAÇÃO DOS RIOS TAPAJÓS E TOCANTINS,  
AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado(a) em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Prof. Renato Azevedo Matias Silvano

Coorientador(a): Dra. Paula Evelyn Rubira Pereyra

Porto Alegre  
2022

*Dedico não apenas este trabalho, mas toda esta jornada,  
ao Inácio, minha querida e amada criança, que  
ao nascer mudou o mundo. O meu mundo.*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à UFRGS por ter sido minha segunda casa durante todos esses anos e aos professores e professoras que tanto me ensinaram. Agradeço especialmente ao meu orientador, professor Renato Silvano, por todo o suporte e incentivo que me deu desde meu início no Laboratório de EColoogia HUmana e de PEixes, já há alguns anos. Agradeço, ainda, ao professor Luís Henrique Sacchi dos Santos por mudar profundamente meu olhar em relação à docência e aos estudos em Educação. Suas palavras redefiniram muitos passos da minha caminhada.

Não posso deixar de agradecer à primeira bióloga que conheci na vida, minha querida professora Letícia Beras, cujo olhar carinhoso e encorajador plantou tão fortemente em mim a curiosidade sobre a vida, que não tive escolha a não ser me tornar bióloga também. Te agradeço, com todo meu coração, por ter me enxergado para além das adversidades.

Agradeço à Márcia Caroline e Paula Pereyra, colegas de laboratório que se tornaram grandes amigas. Obrigada por todas as tardes de desabafos regadas a café – e, não raro, a lágrimas – e as noites de risadas regadas a cerveja. Agradeço especialmente à Paula, a mãe das IC's, que me abrigou com tanto amor debaixo das suas asas gigantes, quase tão grandes quanto o seu coração. Tua orientação repleta de paciência e cuidado e, acima de tudo, tua amizade, foram fundamentais para a escrita deste trabalho. Obrigada por todas as palavras tranquilizadoras e todos os ensinamentos. Se hoje estou finalizando essa etapa, é porque tu me estendeu a mão durante todo o caminho.

Agradeço ao Artur, com quem tive a sorte de esbarrar lá em 2017, no início da graduação, pela presença constante. Poder compartilhar contigo tantos momentos (entre eles as aulas na FACED às 8h da manhã em inúmeras segundas-feiras chuvosas) foi fundamental para que essa jornada tão difícil fosse marcada, principalmente, por muitos sorrisos. Obrigada pela tua amizade, com ela sou mais feliz.

Ao Lucas, meu anjo da guarda, agradeço pelo acolhimento incondicional e pela compreensão. Que alegria é poder fazer parte do teu mundo, que é um lugar tão bonito. Obrigada por ser a voz sensata e amorosa que tantas vezes eu preciso ouvir.

Ao Rafael, agradeço imensamente pela luz que tu irradias e que toca todos ao teu redor. Sorte a minha estar por perto para ser tocada e para te ver brilhar.

Agradeço ao Gabriel, que chegou feito um meteoro rasgando o céu com sua luz e iluminando lugares que há tanto tempo só viam sombra. Obrigada por me trazer esperança, matéria tão escassa nos dias de hoje.

Para agradecer ao Juliano, pego emprestadas as palavras de Guimarães Rosa, que expressam a sua importância na minha caminhada melhor do que eu jamais poderia: “Os outros eu conheci por ocioso acaso. A ti vim encontrar porque era preciso.” Obrigada por ter transformado muito da minha vida, de dentro pra fora.

Agradeço imensamente aos meus irmãos Vanessa e Rogério, com quem sei que posso contar para tudo, para sempre. Aos meus pais, Vilma e Romeu, agradeço por todo o apoio que possibilitou que eu fosse a primeira pessoa da família a entrar no ensino superior. Se hoje me formo Bióloga em uma das melhores universidades do país, é por conta dos seus esforços incessantes.

Ao Inácio, minha pessoa preferida no mundo, agradeço pelo privilégio de ser sua mãe. Obrigada por ter me ensinado tudo que sei de mais importante e por ser uma fonte inesgotável de amor na minha vida. Viver ao teu lado é meu maior bem e sempre vai ser.

Agradeço aos professores Gustavo Hallwass e Luciane Crossetti por aceitarem compor a banca examinadora deste trabalho e por último, mas de forma alguma menos importante, agradeço aos pescadores que, ao partilharem seus conhecimentos, tornaram possível a realização desta pesquisa.

*Fomos, durante muito tempo, embalados com a história de que somos a humanidade. Enquanto isso – enquanto seu lobo não vem – fomos nos alienando desse organismo de que somos parte, a Terra, e passamos a pensar que ele é uma coisa e nós, outra: a Terra e a Humanidade. Eu não percebo onde tem alguma coisa que não seja natureza. Tudo é natureza. O cosmos é natureza. Tudo que eu consigo pensar é natureza.*

Ailton Krenak  
*Ideias para adiar o fim do mundo*

## RESUMO

Dada a alta dependência dos pescadores ribeirinhos em relação ao meio ambiente e seus recursos, estes pescadores detêm extenso conhecimento ecológico local (CEL) sobre os ecossistemas aquáticos e sua biodiversidade. Este conhecimento pode auxiliar no melhor entendimento sobre as mudanças ambientais em curso nos rios amazônicos. O principal objetivo deste trabalho é verificar e comparar, através do CEL de pescadores, mudanças na qualidade da água, no pulso de inundação e, além disso, os possíveis efeitos dos eventos de secas e cheias nos peixes, nos rios Tapajós e Tocantins, na Amazônia brasileira. Foram entrevistados 67 pescadores em nove comunidades no rio Tapajós e 33 pescadores em quatro comunidades no rio Tocantins. Em ambos os rios, os pescadores relatam que a água está mais suja e barrenta. No rio Tocantins, essas alterações são atribuídas à presença de barragens e no rio Tapajós, à presença do garimpo. Em relação ao pulso de inundação, no rio Tocantins, os dados apontam para um ambiente mais seco, visto que um maior número de entrevistados relata que o rio está enchendo menos durante as cheias e secando mais durante as secas. Já no rio Tapajós as entrevistas apontam para períodos de secas e cheias mais variáveis. Acerca dos impactos das secas nos peixes, em ambos os rios os pescadores relatam que durante esse período há menor abundância de peixes, porém, sua captura é mais fácil, enquanto que durante a cheia há maior abundância, contudo, a captura é mais difícil. As mudanças ambientais de origem antrópica que estão em curso na região amazônica são percebidas pelos pescadores e impactam diretamente a biodiversidade dos rios, sendo uma grande ameaça à manutenção do modo de vida dos povos ribeirinhos.

Palavras-chave: Conhecimento ecológico local; etnoecologia; impactos ambientais; pesca artesanal; mudanças climáticas



## ABSTRACT

Due to the high dependence of riverine fishers on the environment and its resources, these fishers hold extensive local ecological knowledge (LEK) about aquatic ecosystems and biodiversity. This knowledge can help in a better understanding of the ongoing environmental changes in the Amazonian rivers. The main objective of this work is to verify and compare, through the fisher's LEK, changes in water quality, flood pulse and the possible effects of drought and flood events on fish in the Tapajós and Tocantins rivers, in the Brazilian Amazon. We interviewed 67 fishers in nine communities on the Tapajós River and 33 fishers in four communities on the Tocantins River. In both rivers, the fishers report that the water is dirty and muddy. In the Tocantins River, these alterations are attributed to the presence of dams, and in the Tapajós River, to the presence of mining. In relation to the flood pulse, on the Tocantins River, the data point to a drier environment, since a greater number of interviewees report that the river is flooding less during floods and drying more during droughts. On the Tapajós River, on the other hand, the interviews point to more variable periods of droughts and floods. Regarding the impacts of droughts on fish, in both rivers, the fishers reported that during this period there is less abundance of fish, but catching them is easier, while during floods there is more abundance, but catching them is more difficult. The environmental changes of anthropic origin that are underway in the Amazon region are perceived by fishers and directly impact the biodiversity of the rivers, being a threat to the maintenance of the riverine way of life.

Keywords: Local ecological knowledge; ethnoecology; environmental impacts; artisanal fisheries; climate change

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
2.1 Objetivos gerais.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
3.1 Área de estudo.....	12
3.2 Comunidades ribeirinhas.....	16
3.3 Entrevistas.....	16
<b>4. RESULTADOS</b> .....	17
4.1 Perfil dos entrevistados.....	17
4.2 Mudanças na qualidade da água.....	17
4.3 Mudanças não pulso de inundação.....	19
4.4 Secas e cheias afetam os peixes?.....	20
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	22
5.1 Diminuição na qualidade da água: impactos passados, presentes e futuros.....	22
5.2 “Ninguém entende mais”: mudanças nos períodos de secas e cheias.....	25
5.2.1 Efeitos das secas nos peixes.....	26
5.2.2 Efeitos das cheias nos peixes.....	27
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	28
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	29
<b>8. APÊNDICE</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia Amazônica é considerada a maior bacia hidrográfica do mundo, correspondendo a uma área de cerca de 6 milhões de km<sup>2</sup> (Goulding et al., 2003) e contendo a maior biodiversidade de peixes de água doce do planeta (Tedesco et al., 2017). Atualmente, a porção brasileira do bioma Amazônico abriga uma população de mais de 29 milhões de pessoas (IBGE, 2021). Historicamente, o debate acerca das questões ambientais na Amazônia tem destacado principalmente aspectos relacionados à floresta e sua biodiversidade associada, em detrimento dos importantes ecossistemas aquáticos que compõem a região (Castello, 2013; Abell et al., 2008; Saunders et al., 2002). Ainda que a cobertura florestal seja fundamental para a manutenção dos sistemas hidrológicos (Trancoso et al., 2009), a falta de áreas de proteção projetadas especificamente para os ambientes aquáticos reforça o papel secundário que os corpos d'água ocupam nas políticas de conservação (Dagosta et al., 2020; Saunders et al., 2002).

A população humana que vive na Amazônia depende dos seus recursos naturais para a subsistência. O consumo de pescado na região é o maior do mundo, chegando a 60 kg por pessoa ao ano (Isaac & Almeida, 2011), fazendo com que os ecossistemas aquáticos sejam fundamentais para a garantia da segurança alimentar de milhares de famílias (Isaac et al., 2015; Begossi et al., 2019). Além da pesca de subsistência, a atividade pesqueira também representa uma importante fonte de renda para as populações ribeirinhas (Bayley & Petre, 1989; Batista et al., 1998; Isaac & Almeida, 2011).

As ações antrópicas, além de trazerem novos problemas à bacia Amazônica, também têm o potencial de transformar os eventos naturais que ocorrem na bacia, como é o caso das flutuações fluviométricas derivadas da variação sazonal do ciclo de chuvas na região, que ocasionam os períodos anuais de secas e cheias (Marengo & Espinoza, 2016). Nas últimas décadas, devido à implementação de usinas hidrelétricas, ao desmatamento de grandes áreas de floresta e às mudanças climáticas, eventos extremos de secas e cheias estão ocorrendo com maior frequência, colocando em risco os ecossistemas aquáticos, terrestres e as populações ribeirinhas residentes na região (Aragão et al., 2008; Castello et al., 2015; Marengo et al., 2016; Souza et al., 2019; Gatti et al., 2021).

A bacia hidrográfica do rio Tocantins é considerada uma das mais degradadas e modificadas do país (Pelicice et al., 2021; Swanson et al., 2021). Cerca de 19,1% da área de vegetação nativa dessa bacia passou pelo processo de desmatamento nos últimos anos, causando o aumento anual de 24% na descarga de água e a antecipação de um mês dos picos sazonais, devido à redução da evapotranspiração durante a temporada de chuvas (Costa et al., 2003; Trancoso et al., 2009). Além disso, existem sete usinas hidrelétricas ao longo do curso do rio Tocantins que geram, além de alterações no ciclo hidrológico do rio, outros impactos ambientais como a modificação no transporte de sedimentos e redução de nutrientes disponíveis na água (Zahar et al., 2008; Timpe & Kaplan, 2017; Pelicice et al., 2021). O barramento dos rios para a implementação de usinas hidrelétricas pode causar, ainda, alterações na qualidade da água (Agostinho et al., 2008) e fragmentação do habitat, o que impacta diretamente o ciclo de vida das espécies de peixes que possuem hábitos migratórios, uma vez que suas rotas de deslocamento são interrompidas (Nunes et al., 2019; Winemiller et al., 2016; Hallwass et al., 2013). Atualmente, existem dois projetos para a implementação de megaempreendimentos na região do médio rio Tocantins: a usina hidrelétrica de Marabá e a hidrovía Araguaia-Tocantins, que acarretará na implosão da área de corredeiras desse trecho do rio (Akama, 2017). Além dos impactos esperados na pesca, esses empreendimentos ameaçam espécies como o tracajá *Podocnemis unifilis* e a tartaruga-da-Amazônia *Podocnemis expansa*, que utilizam essas áreas para desova, além da espécie endêmica do boto do Araguaia *Inia araguaiensis* (Hrbek et al., 2014).

No rio Tapajós, ainda que não existam hidrelétricas instaladas no curso principal do rio, existem projetos para construção de mais de 90 usinas no seu curso d'água e em seus afluentes, tornando-o um dos rios mais ameaçados da bacia Amazônica (WWF, 2021; Latrubesse et al., 2017; Fearnside, 2015a, 2015b). Além dos impactos ambientais já mencionados, a construção destes empreendimentos nessa região poderá causar a inundação de áreas de conservação e terras indígenas (Fearnside, 2015a). Uma das grandes problemáticas enfrentadas no rio Tapajós é a constante presença do garimpo de ouro (Bidone et al., 1997; Lino et al., 2019). Na década de 1980 a extração de ouro se intensificou nos países que compõem a América Latina, sendo o Brasil um dos maiores produtores desse minério. Cerca de 90% de todo o ouro extraído no país é proveniente dos garimpos, onde a extração ocorre de forma artesanal (Malm, 1998; Nevado

et. al., 2010). Entre os principais impactos ambientais acarretados pelo garimpo, estão a degradação da vegetação devido à abertura de estradas para o transporte dos minérios, assoreamento das águas, proveniente da descarga de sedimento das margens dos rios e a contaminação por mercúrio utilizado no processo de amalgamação para separação do ouro (Sousa & Veiga, 2009; Tudesque et al., 2012; Fernandes et al., 2014; Lobo et al., 2015). Quando despejado nos cursos d'água, o mercúrio pode ser metilado por bactérias sulfato-redutoras, que o transformam em metilmercúrio, a forma mais tóxica do elemento, capaz de penetrar em membranas biológicas e de bioacumular com facilidade, podendo contaminar cadeias tróficas inteiras (Ullrich et. al., 2001; Nevado et. al., 2010).

Dada à alta dependência dos pescadores em relação ao meio ambiente e seus recursos, os pescadores detêm vasto Conhecimento Ecológico Local (CEL), o conhecimento que grupos específicos, como os povos tradicionais, acumulam ao longo do tempo a respeito do ambiente em que vivem (Berkes, 2021). Gerado a partir de crenças e interações entre os membros destes grupos e o ecossistema, esse conhecimento é passado culturalmente através das gerações (Berkes, 1999; Berkes & Folk, 2000; Olson & Folk, 2001). As pesquisas realizadas através da perspectiva do CEL têm contribuído na compreensão da ecologia dos peixes e fornecido informações importantes a respeito da migração, hábitos alimentares, reprodutivos e utilização dos recursos pesqueiros (Silvano & Begossi, 2010; Herbst & Hanazaki, 2014; Nunes et al., 2019; Fogliarini et al., 2021; Pereyra et al., 2021). Além disso, o CEL pode auxiliar na avaliação de impactos ambientais ocasionados por ações antrópicas, como a construção de hidrelétricas (Hallwass et al., 2013; Runde et al., 2020; Santos et al., 2020) e mudanças no pulso de inundação dos rios (Guerreiro et al., 2016; Langill & Abizaid, 2020).

Neste contexto, esse trabalho visa analisar o CEL dos pescadores em relação às mudanças ambientais que estão acontecendo na Amazônia. Os resultados obtidos através do CEL são de extrema relevância, dada a necessidade de estudos na região e a urgência da proteção das Bacias do Tocantins-Araguaia e do rio Tapajós, visando a conservação da biodiversidade existente e a manutenção do modo de vida dos povos ribeirinhos (Dagosta et al., 2020; Runde et al., 2020).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo analisar o CEL de pescadores ribeirinhos a respeito de mudanças ao longo do tempo na qualidade da água e no pulso de inundação nos rios Tapajós e Tocantins e, além disso, a possível influência do pulso nos peixes em ambos os rios.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Investigar os fatores que tem desencadeado mudanças ambientais nos rios, de acordo com o CEL dos pescadores;
- Comparar os resultados acerca das mudanças ambientais sob a perspectiva do CEL entre os dois rios.

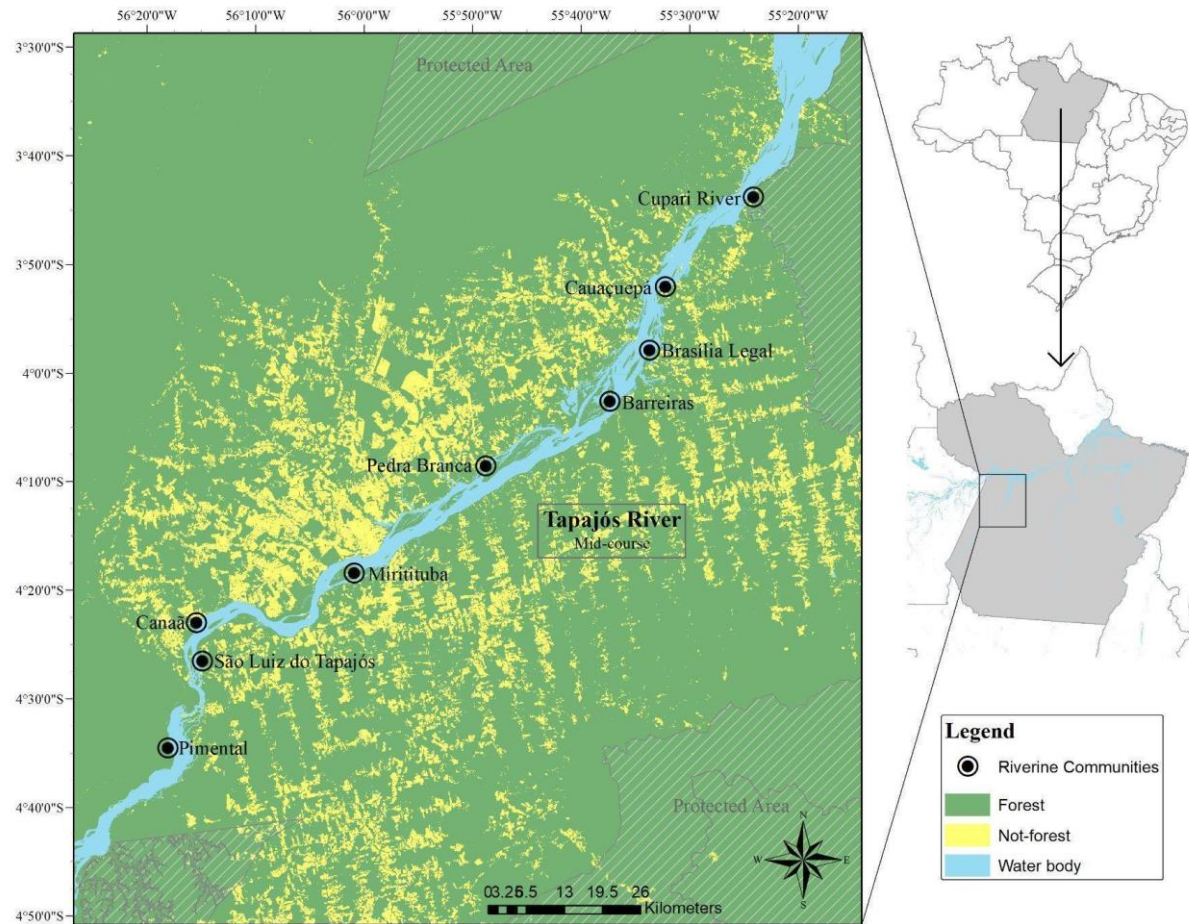
## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado nas porções médias dos rios Tapajós (Figura 1) e Tocantins (Figura 2), ambos pertencentes à bacia Amazônica. Os dois rios possuem águas claras, segundo classificação proposta por Sioli (1950), devido à baixa concentração de nutrientes e baixo nível de sedimentos presentes na água.

O rio Tapajós é formado pela confluência dos rios Teles Pires e Juruena, possuindo 851 km de extensão (Goulding et al., 2003) e área de drenagem de 764,183 km<sup>2</sup>, banhando os estados do Mato Grosso, Amazonas, Pará e Rondônia (ICMBIO, 2011). Sua nascente está localizada no Mato Grosso, em uma área de transição entre o Cerrado e a floresta Amazônica, enquanto sua foz está localizada no rio Amazonas, no estado do Pará (Goulding et al., 2003).

No rio Tapajós, o período de cheia compreende os meses de janeiro a junho e o período de seca ocorre nos meses de julho a dezembro. Neste rio, foram visitadas nove comunidades, sendo elas: Cupari, Cauaquepá, Brasília Legal, Barreiras, Pedra Branca, Miritituba, Canaã, São Luís do Tapajós e Pimental.



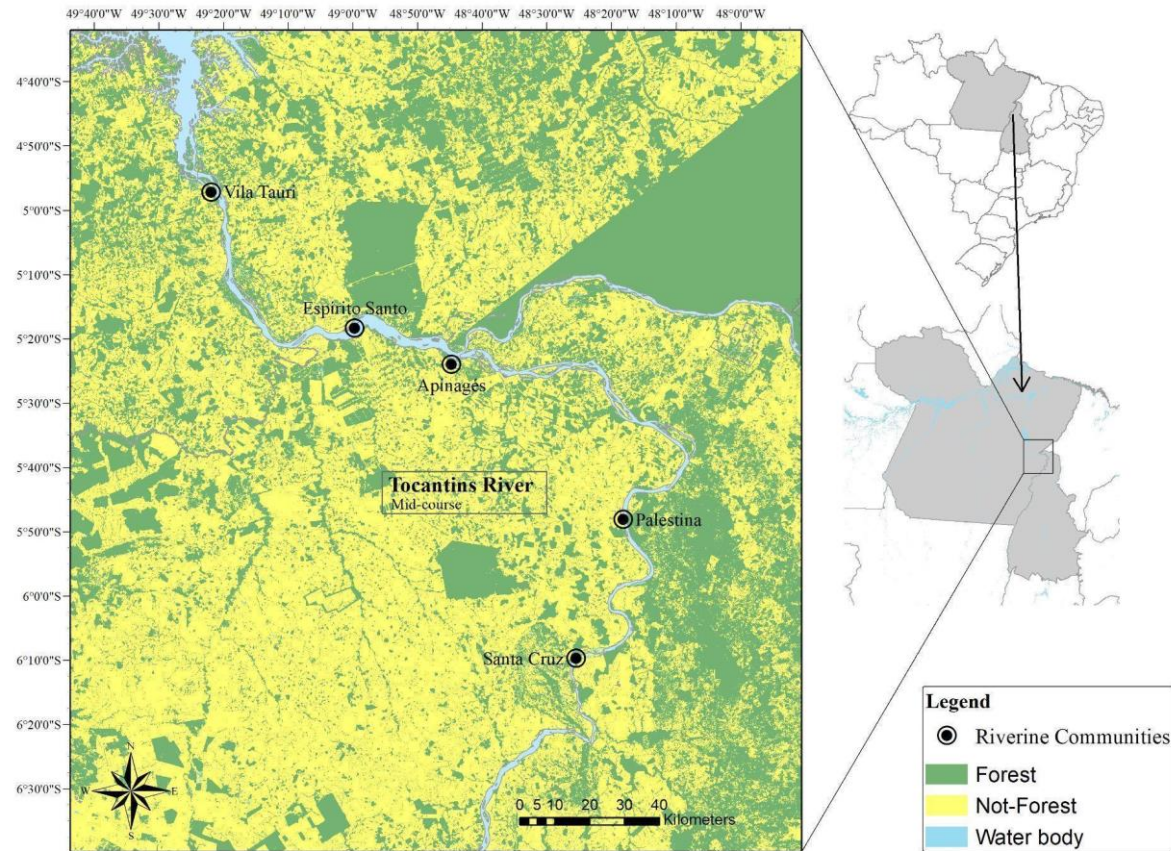
Mapa: Kaluan Calini

**Figura 1:** Mapa destacando as nove comunidades estudadas no médio rio Tapajós, Amazônia Brasileira.



O rio Tocantins é o segundo maior curso d'água totalmente brasileiro, chegando a mais de 2.400 km de extensão (Goulding, 2003). Sua área de drenagem, em conjunto com a área do rio Araguaia, forma a Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia, que possui mais de 967 km<sup>2</sup> e corresponde a 10% do território brasileiro (ANA, 2022). Banhando os estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Maranhão, Distrito Federal e Pará, sua nascente está localizada entre os municípios de Ouro Verde de Goiás e Petrolina de Goiás e sua foz deságua no Oceano Atlântico, próximo a Belém do Pará. A área da bacia é recoberta por vegetação característica dos biomas Cerrado e floresta Amazônica (Ribeiro, Petreire & Juras, 1995).

Neste rio, o período de cheia ocorre nos meses de outubro a abril e o período de seca ocorre de maio a setembro. Neste rio foram visitadas quatro comunidades, sendo elas: Vila Tauri, Espírito Santo, Apinajés e Santa Cruz (essa comunidade situada no Rio Araguaia). Na comunidade de Palestina, que também está representada no mapa, não foram realizadas entrevistas.



Mapa: Kaluan Calini.

**Figura 2:** Mapa destacando as quatro comunidades estudadas no médio rio Tocantins e Araguaia, Amazônia Brasileira.

### 3.2 Comunidades ribeirinhas

Os povos ribeirinhos são aqueles que vivem às margens dos rios e estabelecem profundas relações com os corpos d'água e sua biodiversidade (MMA, 2016; McGrath et al., 2008), encontrando nos ecossistemas aquáticos sua principal fonte de subsistência. Essas populações utilizam a água dos rios para uso doméstico, para navegação e, também, para obtenção de grande parte da proteína consumida por essas populações, que é proveniente da pesca (Isaac & Almeida 2011; Begossi et al., 2019).

O modo de vida ribeirinho está intrinsecamente ligado ao ciclo hidrológico dos rios que, sazonalmente, transformam a paisagem e influenciam importantes aspectos da vida cotidiana, como a pesca (Almeida, 2013). Os períodos de secas e cheias ocorrem de forma natural e são importantes para a manutenção dos ecossistemas amazônicos, de forma que a fauna, a flora e as populações humanas que vivem às margens dos rios estão bem adaptadas às variações no ciclo hidrológico (Junk et al., 1989; Junk & Piedade, 1993; Gram et al., 2001; Nagl et al., 2021).

### 3.3 Entrevistas

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos através de entrevistas com base em um questionário do tipo semiestruturado (Apêndice 1), contendo questões sobre a percepção dos pescadores a respeito de possíveis mudanças observadas na qualidade da água e no regime hidrológico dos rios (secas e cheias) desde o início de sua atividade pesqueira na região. Os dados analisados neste estudo integram entrevistas mais detalhadas de outras pesquisas (Runde et al. 2020; Silvano & Hallwass, 2020). Foram realizadas entrevistas no período de setembro a novembro de 2018 com 33 pescadores em quatro comunidades no rio Tocantins e 67 pescadores em nove comunidades no rio Tapajós.

Primeiramente, os líderes comunitários de cada comunidade foram abordados para que fosse explicada a motivação do trabalho a ser realizado e para pedir autorização para a realização das entrevistas nas comunidades. Em um segundo momento, os líderes apontaram os pescadores mais experientes da região para que pudessem ser entrevistados. Os membros das comunidades geralmente associam a experiência do pescador à sua eficiência (quantidade de pescado capturado) e à frequência com que pesca (Nunes, Hallwass & Silvano, 2019). Após entrevistar os pescadores indicados pelos líderes, estes, por sua vez, indicaram outros pescadores experientes para participarem do estudo, seguindo, assim, o método “bola de neve”

(*snowball sampling*), que consiste em gerar redes de referência a fim de acessar os membros de um grupo específico que atendam aos critérios pré-estabelecidos (Berg, 2006). Essa abordagem foi utilizada em estudos anteriores de etnoecologia com pescadores (Silvano et al., 2006; Hallwass et al., 2013; Runde et al., 2020).

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética com pessoas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CONEP/CAAE: 82355618.0.0000.5347).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Perfil dos entrevistados

No rio Tapajós, dos 67 entrevistados, 63 pertencem ao gênero masculino e 4 ao gênero feminino. A idade dos entrevistados variou de 25 a 78 anos, com idade média de 47,3 anos ( $\pm 11,84$ ) e média de tempo de pesca na região de 25,5 anos ( $\pm 11,94$ ). No rio Tocantins, dos 33 entrevistados, 28 pertencem ao gênero masculino e 5 ao gênero feminino. A idade dos entrevistados variou de 26 a 82 anos, com idade média de 56,4 anos ( $\pm 14,02$ ) e média de tempo de pesca de 34,8 anos ( $\pm 17,64$ ).

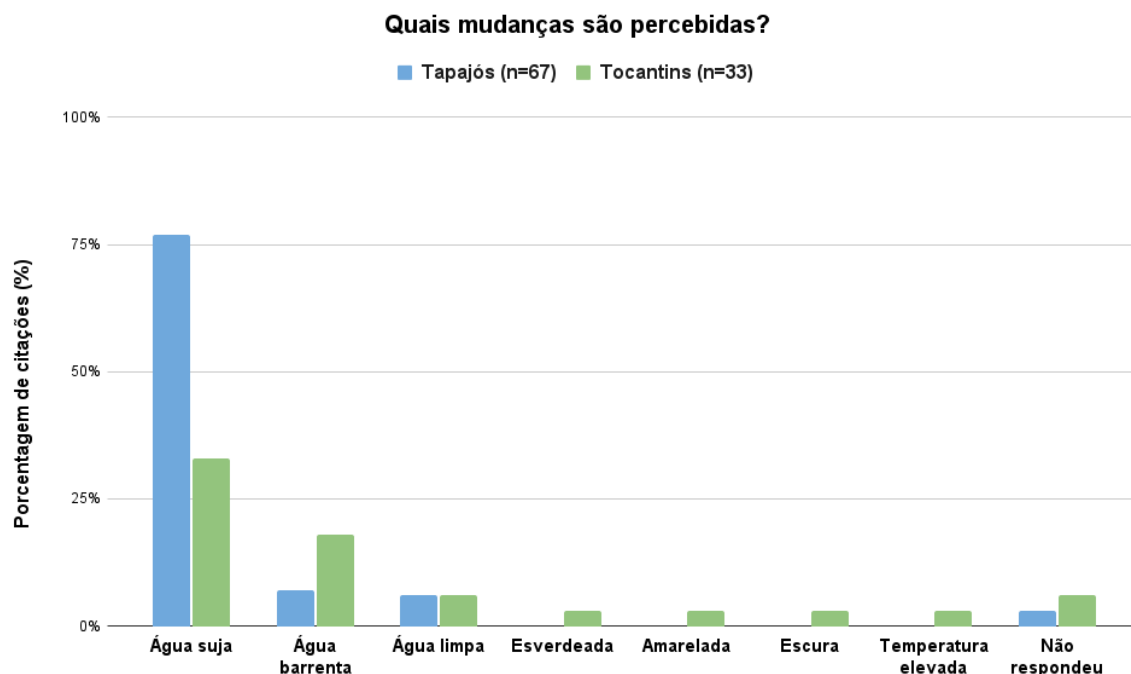
### 4.2 Mudanças na qualidade da água

Dos 67 entrevistados no rio Tapajós, 91% afirmam perceber mudanças na qualidade da água desde que começaram a realizar a atividade pesqueira (Tabela 1). No rio Tocantins, dos 33 entrevistados, 70% relataram perceber mudanças em relação à qualidade da água (Tabela 1).

**Tabela 1:** Respostas dos pescadores acerca da percepção sobre mudanças na qualidade da água e no regime de secas e cheias nos rios Tapajós e Tocantins, Amazônia Brasileira:

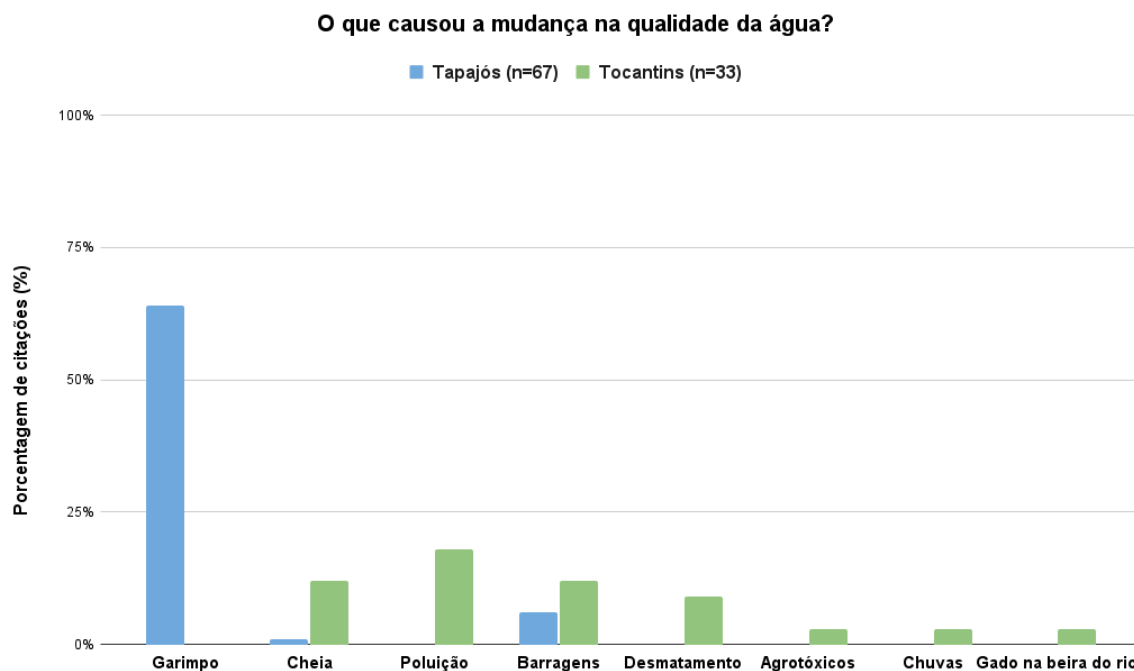
	Tapajós (n=67)			Tocantins (n=33)		
	Sim	Não	Não respondeu	Sim	Não	Não respondeu
Mudanças:						
Qualidade da água	91%	6%	3%	70%	24%	6%
Regime de secas e cheias	84%	9%	7%	100%		

Quando perguntados a respeito de quais mudanças são percebidas, no rio Tapajós, 77% dos entrevistados relatam que a água está mais suja e que a água está barrenta (7%). No rio Tocantins, 33% dos entrevistados afirmam que a água está mais suja (33%) e que a água está barrenta (18%) (Figura 3).



**Figura 3:** Principais mudanças percebidas pelos pescadores na qualidade da água nos rios Tapajós e Tocantins. Os pescadores entrevistados podiam citar mais de uma mudança.

No rio Tapajós, os principais motivos citados como causadores dessas mudanças foram o garimpo (64%) e a presença de barragens (6%) (Figura 4). Já no rio Tocantins, as mudanças na qualidade da água foram atribuídas, principalmente, à poluição (18%), às barragens (12%), às cheias (12%) e ao desmatamento (9%) (Figura 4).

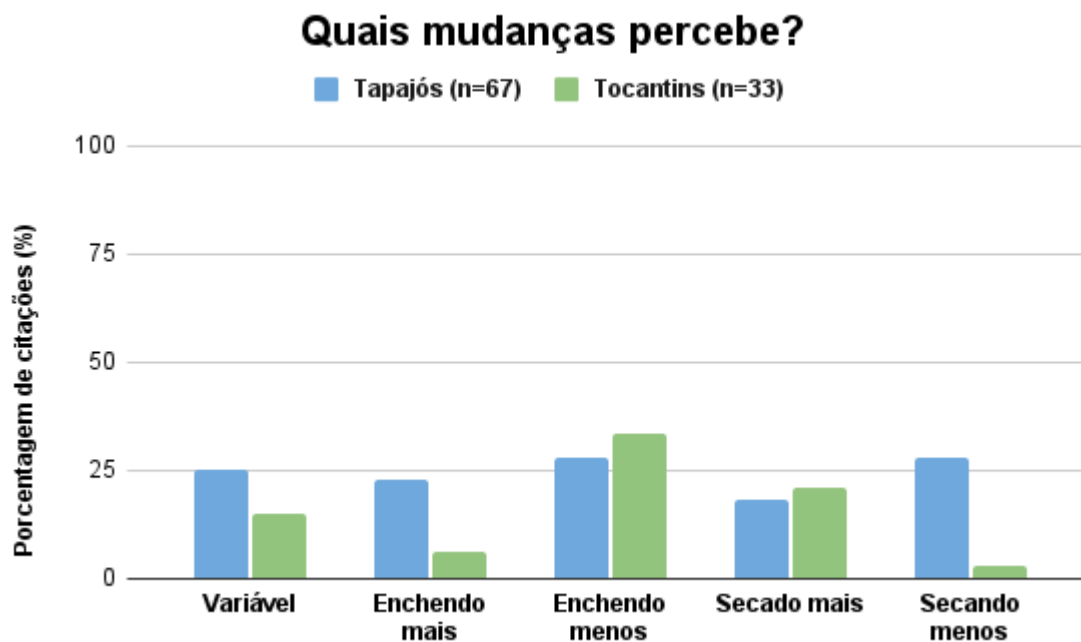


**Figura 4:** Principais causadores das mudanças na qualidade da água, segundo os pescadores nos rios Tapajós e Tocantins. Os pescadores entrevistados podiam citar mais de um fator.

### 4.3 Mudanças no pulso de inundação

No rio Tapajós, 84% dos entrevistados relataram perceber mudanças no pulso de inundação na região, enquanto no rio Tocantins, todos os pescadores entrevistados perceberam mudanças (Tabela 1).

Quando foram perguntados a respeito de quais mudanças são percebidas em relação ao regime das águas, no rio Tapajós, os entrevistados mencionam que o rio está enchendo menos (28%), secando menos (28%) e que cheias e secas estão variando (25%) (Figura 3). No rio Tocantins, os entrevistados afirmam que o rio está enchendo menos (33%), tem secado mais (22%) e que cheias e secas estão variando (15%) (Figura 5).



**Figura 5:** Percepção dos pescadores sobre mudanças nos regimes de secas e cheias nos rios Tapajós e Tocantins. Os pescadores entrevistados podiam citar mais de uma mudança.

#### 4.4 Secas e cheias afetam os peixes?

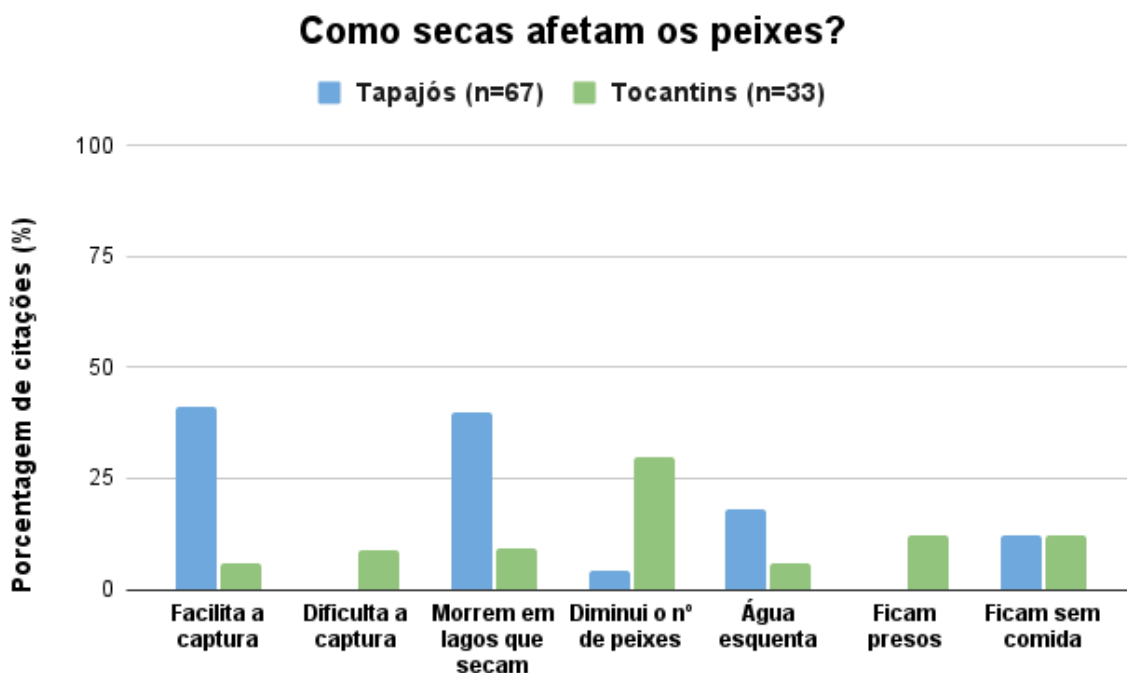
Quando questionados se os períodos de seca influenciam os peixes de alguma forma, no rio Tapajós, 96% dos entrevistados afirmam que sim, enquanto no rio Tocantins 73% dos pescadores fizeram a mesma afirmação (Tabela 2).

**Tabela 2:** Respostas dos pescadores sobre os efeitos das secas e cheias nos peixes nos rios Tapajós e Tocantins, Amazônia Brasileira:

	Tapajós (n=67)			Tocantins (n=33)		
	Sim	Não	Não respondeu	Sim	Não	Não respondeu
As secas afetam os peixes?	96%	1%	3%	73%	21%	6%
As cheias afetam os peixes?	94%	4%	2%	94%	6%	

No rio Tapajós, os principais efeitos das secas nos peixes, citados pelos pescadores, foram a maior facilidade na captura (41%), que os peixes morrem em lagos que secam (40%) e que a água esquenta (18%) (Figura 6). No rio Tocantins, os efeitos citados foram a diminuição

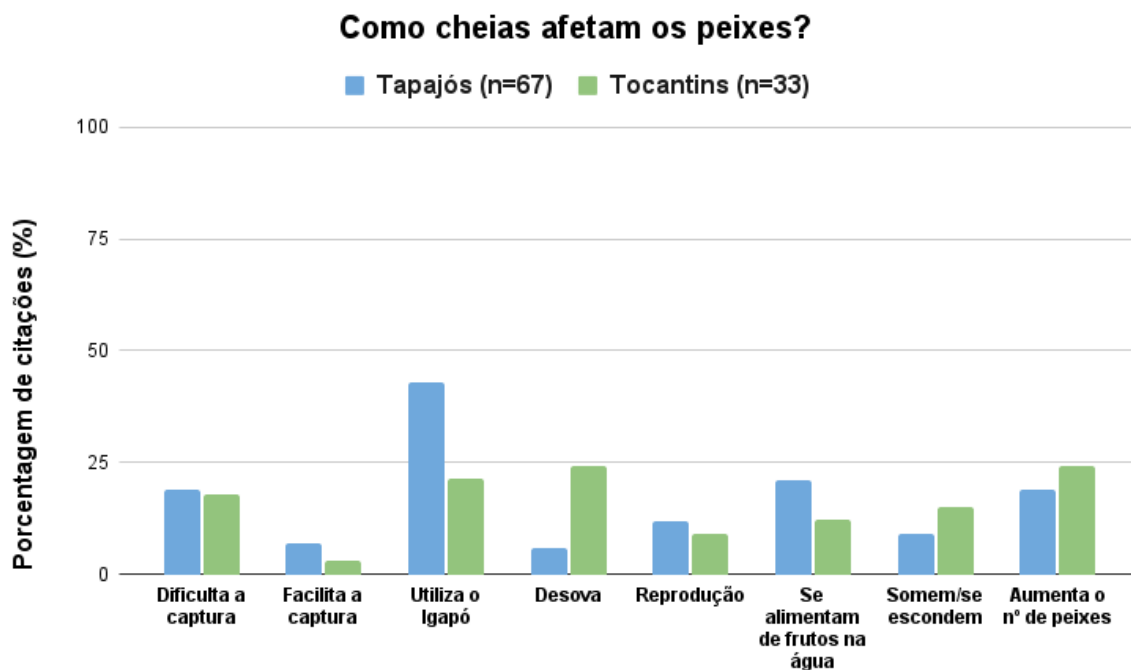
do número de peixes (30%), a falta de alimento para os peixes (12%) e a morte dos peixes em lagos que secam (9%) (Figura 6).



**Figura 6:** Principais efeitos dos períodos de seca nos peixes, segundo os pescadores entrevistados nos rios Tapajós e Tocantins. Os pescadores entrevistados podiam citar mais de um efeito.

Quando perguntados se os períodos de cheias influenciam os peixes, 94% dos entrevistados afirmaram que sim em ambos os rios (Tabela 2). Sobre os efeitos dos períodos de cheias nos peixes, no rio Tapajós, os entrevistados afirmam que os peixes passam a utilizar o igapó (43%), se alimentam de frutos que caem na água (21%), que o número de peixes aumenta (19%) e que a captura é mais difícil (19%) (Figura 7). No rio Tocantins, os entrevistados relatam que o número de peixes aumenta (24%), que a desova é afetada (24%), que os peixes passam a utilizar o igapó (21%) e que a captura é dificultada (18%) (Figura 7).





**Figura 7:** Principais efeitos dos períodos de cheia nos peixes, segundo os pescadores entrevistados nos rios Tapajós e Tocantins. Os pescadores entrevistados podiam citar mais de um efeito.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Diminuição na qualidade da água: impactos passados, presentes e futuros

As ações antrópicas em curso na Amazônia podem ser diretamente ligadas à diminuição na qualidade da água observada pelos pescadores entrevistados. No rio Tocantins, um maior número de ações antrópicas foram citadas como causadoras dessa diminuição, o que pode ser explicado devido à alta degradação dessa bacia hidrográfica (Pelicice et al., 2021). As barragens foram citadas como causadoras de mudanças na água por 12% e 6% dos entrevistados nos rios Tocantins e Tapajós, respectivamente. No rio Tocantins, atualmente, existem sete usinas hidrelétricas em funcionamento, entre elas a segunda maior em produção de energia totalmente brasileira: Usina Hidrelétrica de Tucuruí, inaugurada em 1984 (Almeida et al., 2019; Castilho, 2019). Com relação a qualidade da água, o barramento dos rios é marcado pela retenção de sedimentos nos reservatórios, que possuem águas com densidade e temperatura estratificadas e pouco oxigênio em suas camadas mais profundas (Winemiller et al., 2016; Winton et. al., 2019). O aprisionamento de sedimentos e nutrientes nos reservatórios

pode, em partes, explicar as alterações na coloração da água que foram mencionadas pelos pescadores no rio Tocantins. A retenção de sedimentos torna a porção a jusante das barragens menos produtiva e mais suscetível à erosão do solo, alterando as propriedades físico-químicas da água e, além disso, aumentando sua temperatura devido a liberação da água dos reservatórios (Manyari & Carvalho, 2007; Timpe & Kaplan, 2017; Winton et. al., 2019). As barragens, podem afetar o pulso de inundação dos rios, interferindo na sua sazonalidade e trazendo períodos de secas e cheias fora da época esperada, bem como alterando a duração e intensidade desses eventos (Manyari & Carvalho, 2007; Timpe & Kaplan, 2017). As mudanças no pulso dos rios, combinada com a diminuição da carga de sedimentos, pode atuar na diminuição da disponibilidade de nutrientes na água e, conseqüentemente, gerar mudanças ambientais (Timpe & Kaplan, 2017; Winton et. al., 2019), como apontado por uma parcela dos entrevistados nos rios Tapajós e Tocantins, que atribuem às cheias as mudanças observadas na qualidade da água.

No rio Tapajós, atualmente, não existem barragens instaladas, porém, uma parcela dos pescadores entrevistados atribuem ao barramento do rio a diminuição na qualidade da água. No rio Teles Pires, afluente do rio Tapajós, foi inaugurada em 2015 a Usina Hidrelétrica de Teles Pires que possui capacidade instalada de 1.820 MW. Devido à conectividade hidrológica, os ecossistemas de água doce ficam suscetíveis à ampla gama de ações antrópicas que ocorrem a curtas e longas distâncias (Winemiller et al., 2016). Esse fenômeno pode estar contribuindo para o declínio na qualidade da água observada no rio Tapajós, como apontado pelo CEL dos pescadores. Os projetos existentes para o barramento deste rio representam uma grande ameaça a esse ecossistema e sua biodiversidade podendo, junto ao garimpo que é bastante presente na região, atuar na diminuição da qualidade da água do rio (Latrubesse et al., 2017).

No rio Tapajós está situado um dos maiores garimpos do Brasil, que conta com mais de 300 minas de extração em pequena escala, onde atuam mais de 50.000 garimpeiros fazendo a retirada do minério diariamente (Lobo et. al., 2017). Ainda que seja uma atividade economicamente importante na região, o garimpo é um grande causador de degradação ambiental, desde os estágios iniciais da implementação de um novo sítio para garimpagem. O material orgânico oriundo da remoção da cobertura vegetal, realizada para abertura das estradas que transportarão os minérios, frequentemente é despejado nos rios, causando aumento de material orgânico suspenso e alterações na cor, na turbidez e na acidez da água (Rodrigues et. al., 1994; Lobo et. al., 2016). Além disso, a utilização de mercúrio para a amalgamação do ouro é amplamente difundida em garimpos artesanais e é acompanhada por uma série de graves impactos ambientais, devido à alta toxicidade deste elemento. Esse conjunto de fatores atua

diretamente na diminuição da qualidade da água do rio Tapajós, como apontado por 64% dos entrevistados.

O desmatamento da floresta Amazônica, que na última década vinha apresentando reduções significativas, voltou a crescer nos últimos anos. Atualmente, estima-se que o bioma tenha perdido cerca de 20% de sua cobertura florestal original (Souza et al., 2020). Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) mostram que, no ano de 2021, a Amazônia Legal perdeu mais de 12.000 km<sup>2</sup> de sua vegetação. O desmatamento foi citado como um dos causadores da diminuição da qualidade da água no rio Tocantins, que possui apenas 13.2% da área total de sua bacia composta por áreas protegidas (em comparação, a bacia do rio Tapajós, que possui 37%) e apresenta 19.1% de sua área total modificada pelo desmatamento, o que a torna uma das únicas bacias hidrográficas da Amazônia a apresentar um percentual de áreas desmatadas superior ao de áreas protegidas (Trancoso et al., 2009). A extensa perda da vegetação nativa atua causando modificações no pulso de inundação dos rios (Melack & Coe, 2021) e diminuindo a qualidade da água através da redução da oxigenação, do aumento da temperatura dos rios e da erosão do solo, que leva à maior descarga de sedimentos nos corpos d'água, colaborando para o aumento da sua turbidez (Neill et al., 2001; Restrepo et al., 2015; Ríos-Villamizar et al., 2017). Além disso, o desmatamento também está relacionado à poluição dos rios (citada por 18% dos entrevistados no rio Tocantins como uma das causas da diminuição da qualidade da água), uma vez que, tipicamente, o processo de desmatamento envolve a indução de incêndios que, além de emitirem gases e aerossóis poluentes, geram resíduos que podem ser descarregados nas águas (Oliveira et al., 2020; Ellwanger et al., 2020).

A poluição advém, também, de outras atividades antrópicas. A exploração do solo para agricultura e a extensa utilização de agrotóxicos nas plantações (citada pelos entrevistados no rio Tocantins) são extremamente prejudiciais aos ecossistemas aquáticos, devido ao escoamento de resíduos agrícolas ricos em nitrogênio, fósforo e outros produtos químicos que, ao entrarem em contato com os rios, podem gerar eutrofização do ambiente, diminuição da oxigenação e, ainda, contaminar cadeias alimentares inteiras devido à bioacumulação (Neill et al., 2001; Castello et al., 2013). A poluição está relacionada, ainda, à crescente urbanização observada na Amazônia nas últimas décadas que, desacompanhada de infraestrutura adequada, causa eutrofização da água, turbidez e aumento de material em suspensão (Ríos-Villamizar et al., 2017; Ferreira et al., 2021).

## **5.2 “Ninguém entende mais”: mudanças nos períodos de secas e cheias**

As secas e cheias, ninguém entende mais. (60 anos, Comunidade de Barreiras - Rio Tapajós, setembro de 2018).

Em ambos os rios, os pescadores entrevistados relataram perceber mudanças nas secas e cheias nos últimos anos. Nas comunidades do rio Tocantins, os dados apontam para um ambiente mais seco, visto que um maior número de entrevistados relata que o rio está enchendo menos durante as cheias e secando mais durante as secas. No rio Tocantins, essas mudanças no pulso de inundação podem estar atreladas às barragens existentes no curso deste rio. Na região a jusante, as barragens tendem a diminuir a variabilidade do pulso, através da redução da extensão de área inundável e do volume de água liberado (Nilsson & Berggren, 2000; Poff & Hart, 2002), enquanto que na região a montante, existem maiores chances de ocorrência de inundações inesperadas (Prado et al., 2016). Já no rio Tapajós, parece não haver um consenso, uma vez que a porcentagem de citações é distribuída de forma mais homogênea entre aqueles que percebem o rio enchendo mais ou menos durante as cheias e secando mais ou menos durante as secas.

Historicamente, períodos de secas e cheias na Amazônia relacionam-se com eventos de El Niño e La Niña, respectivamente, e com o aumento da Temperatura Superficial do Mar (TSM) que, em conjunto, regulam parte da variabilidade climática da América do Sul (Marengo, 2008). Registros fluviais sugerem que, em média, a bacia Amazônica passa por um evento climático extremo – de seca ou cheia – por década (Marengo et al., 2011), no entanto, nos últimos anos, estes eventos intensos têm sido registrados com maior frequência. Em um período de dez anos, a bacia foi afetada por quatro eventos extremos de cheias (nos anos de 2009, 2012, 2014 e 2015) e por dois eventos de seca considerados como os mais drásticos do século, nos anos de 2005 e 2010, que causaram diversos impactos socioambientais (Marengo & Espinoza, 2015).

A maior intensidade e frequência desses eventos observada nos últimos anos pode ser relacionada às mudanças climáticas derivadas de ações antrópicas (IPCC, 2007; Cox et al., 2008). As mudanças climáticas devem mudar os regimes de precipitação com predominância de secas mais longas e severas na porção oriental e aumento da precipitação na parte ocidental da Amazônia (Sorribas et al., 2016), bem como o aumento médio da temperatura dos rios (Castello et al., 2013). O aumento da temperatura dos oceanos, intensificado por ações antropogênicas, atua diretamente na intensificação do período de chuvas na região amazônica e, conseqüentemente, na ocorrência de eventos de cheia mais drásticos e prolongados (Marengo & Espinoza, 2015; Barichivich et al., 2018), como aqueles observados na última década. Já a

intensificação dos períodos de seca possui relação, também, com o aumento do desmatamento na Amazônia, visto que a evapotranspiração realizada pela vegetação e a precipitação resultante desse processo é fundamental para mitigar os efeitos da estação seca (Staal et al., 2018; Bagley et al., 2014). Há, ainda, uma relação de retroalimentação entre o desmatamento e a prevalência da estação seca, como apontado por Zemp et al., (2017), uma vez que elevadas taxas de desmatamento tendem a intensificar períodos de seca que, por sua vez, reduzem as áreas de vegetação através da maior ocorrência de incêndios florestais.

A intensificação e prolongação dos períodos de secas e cheias afeta diretamente a ictiofauna presente nos rios Amazônicos, através de interferências na abundância, na biomassa e nos processos reprodutivos dos peixes (Bodmer et al., 2018; Correia et al., 2008). Dessa forma, a pesca na região também é impactada, podendo colocar em risco a população ribeirinha que depende dos recursos pesqueiros para subsistência (Röpke et al. 2022).

### **5.2.1 Efeitos das secas nos peixes**

Nos rios Tapajós e Tocantins, os entrevistados relataram que os períodos de seca tem impactos negativos nos peixes. A redução no nível dos rios tende a fragmentar e restringir o habitat disponível para as espécies aquáticas (Matthews et. al., 2003; Pouilly et. al., 2004; Hurd et. al., 2016). Essa fragmentação e restrição do espaço disponível é um dos fatores responsáveis pelo aumento da mortalidade de peixes característica dos períodos de seca (Fabr e et. al., 2017; Bodmer et. al., 2018). Isso se deve ao fato de que a interrupção da conectividade hidrológica entre os lagos e os canais que os conectam aos rios tende a isolar as populações de peixes em lagos e diminuir a oferta de alimento e oxigênio disponível na água (Fernandes et. al., 2009; Hurd et. al., 2016). A interrupção da conectividade afeta, especialmente, espécies que possuem hábitos migratórios, visto que seu deslocamento é dificultado e isso acaba afetando seu ciclo de vida e impedindo sua reprodução (Freitas et. al., 2012; R pke et. al., 2015).

A combinação de todos esses fatores atua diretamente na diminuição da abundância e biomassa de peixes nos rios (Halls & Welcomme, 2004; Bodmer et al., 2018), como foi relatado pelos entrevistados nesse estudo. Essa diminuição também pode estar relacionada à sobrepesca, visto que nos períodos de secas há maior concentração de peixes em uma área menor, facilitando a captura para os pescadores (Freitas et al., 2012; Endoa et al., 2016), assim como também foi mencionado pelos entrevistados.

### **5.2.2 Efeitos das cheias nos peixes**

Em ambos os rios os pescadores afirmaram que os períodos de cheia causam impactos positivos nos peixes. As áreas de floresta inundadas pelas cheias – os igapós – representam um habitat abundante em recursos alimentares variados para os peixes, como folhas, frutos e pequenos invertebrados, além de fornecerem, também, abrigo contra predadores através de raízes submersas (Goulding, 1980; Correia et. al., 2008; Hurd et. al., 2016). A conectividade hidrológica intensificada pelo aumento do nível das águas favorece o deslocamento e a migração das espécies, o que atua como gatilho para sua reprodução e desova (Castello, 2008; Freitas et. al., 2012; Hurd et. al., 2016). Além disso, as áreas alagadas servem como berçários para os peixes em seus primeiros estágios de desenvolvimento (Sánchez-Botero & Araújo-Lima, 2001; Lima & Araújo-Lima, 2004). Durante períodos prolongados de cheia, os peixes permanecem por mais tempo nesse ambiente rico em nutrientes, estendendo seu período de reprodução, o que resulta em estoques mais abundantes (Goulding et. al., 2003; Bodmer et. al., 2018), como mencionado pelos pescadores.

O aumento na abundância de peixes nos rios não representa, necessariamente, maior sucesso na pesca durante a época de cheia, visto que, neste período, os peixes se dispersam no maior volume de água existente (Saint-Paul et. al., 2000; Pinho et. al., 2015), o que dificulta a captura, como mencionado pelos pescadores nos rios Tapajós e Tocantins. Um estudo conduzido por Tregidgo et. al. (2020) no rio Purus, no estado do Amazonas, indica que, durante os períodos de cheia, grande parte das famílias ribeirinhas precisam substituir o peixe por outras fontes de proteína ao menos uma vez por mês, devido à dificuldade de realizar a captura dos peixes nesse período. Além disso, a criação de animais e de pequenas plantações para o consumo próprio das famílias também pode ser prejudicada devido ao aumento no nível dos rios e possíveis alagamentos (Coomes et. al., 2010; Tregidgo et. al., 2020). Tais questões evidenciam que eventos extremos de cheias impactam diretamente a segurança alimentar e econômica das populações ribeirinhas.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados demonstram que a diminuição na qualidade da água é percebida em ambos os rios, visto que os pescadores relatam que a água está mais suja e barrenta. A presença

de barragens e do garimpo nos rios Tocantins e Tapajós, respectivamente, foram citadas como as principais causadoras do declínio observado na qualidade da água. Em relação às alterações no pulso de inundação dos rios, os pescadores relatam períodos mais secos no rio Tocantins, enquanto que no rio Tapajós as entrevistas apontam para períodos de secas e cheias mais variáveis. De acordo com os ribeirinhos, durante a seca ocorre uma diminuição significativa na abundância de peixes nos rios devido à sua maior mortalidade e, também, à maior pressão pesqueira que ocorre nestes períodos. Já as cheias, segundo os entrevistados, são propícias para o aumento dos estoques pesqueiros e para a diminuição do sucesso da pesca, devido à maior dificuldade de realizar a captura dos peixes neste período.

As entrevistas revelaram que os pescadores detêm conhecimentos valiosos acerca do funcionamento dos ecossistemas aquáticos, devido ao seu modo de vida que exige constante contato com este ambiente. As mudanças ambientais na qualidade da água e no regime de secas e cheias por eles observadas, além de impactarem diretamente a biodiversidade dos rios, representam uma grande ameaça à pesca artesanal praticada na região, o que coloca o modo de vida dessas populações em risco, visto que a pesca ocupa um lugar de extrema importância na segurança financeira e alimentar dos ribeirinhos.

## 7. REFERÊNCIAS

Abell R, Thieme ML, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, et al. (2008). Freshwater ecoregions of the World: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *Bioscience* 58: 403–414. doi:10.1641/B580507

Agência Nacional de Águas (ANA). HIDROWEB. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/tocantins/saiba-mais-tocantins>. Acesso em: 05 abril 2022.

Agostinho, A. A., Pelicice, F. M., and Gomes, L. C. (2008). Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian J. Biol.* 68, 1119–1132. doi:10.1590/S1519-69842008000500019.

Akama, A., (2017) Impacts of the hydroelectric power generation over the fish fauna of the Tocantins river, Brazil: Marabá dam, the final blow. *Oecologia Aust.* <https://doi.org/10.4257/oeco.2017.2103.01>

Almeida, I. C. O Papel da pesca na eficiência reprodutiva dos ribeirinhos do baixo Tocantins: o caso do município de Mocajuba - PA. Orientador: Francisco de Assis Costa. (2013). 120 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém, 2013. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/4482>.

Almeida, R.M., Shi, Q., Gomes-Selman, J.M. et al. (2019). Reducing greenhouse gas emissions of Amazon hydropower with strategic dam planning. *Nat Commun* 10, 4281. doi:10.1038/s41467-019-12179-5

Aragão, L.E.O., Malhi, Y., Barbier, N., Lima, A., Shimabukuro, Y., Anderson, L., Saatchi, S., (2008). Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philos. Trans. R. Soc. London B Biol. Sci.* 363 (1498), 1779–1785. doi: 10.1098/rstb.2007.0026

Bagley, J. E., Desai, A. R., Harding, K. J., Snyder, P. K., & Foley, J. A. (2014). Drought and Deforestation: Has Land Cover Change Influenced Recent Precipitation Extremes in the Amazon? *Journal of Climate*, 27(1), 345–361. doi:10.1175/jcli-d-12-00369.1

Batista, V.S., A.J. Inhamuns, C.E.C. Freitas, and D. Freire-Brasil. (1998). “Characterization of the Fishery in Riverine Communities in the Low-Solimões/High-Amazon Region.” *Fisheries Management and Ecology* 5: 101117.

Barichivich, J., Gloor, E., Peylin, P., Brienen, R. J. W., Schöngart, J., Espinoza, J. C., & Pattayak, K. C. (2018). Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science Advances*, 4(9), eaat8785. doi:10.1126/sciadv.aat8785

Baxter, R.M., (1977). Environmental effects of dams and impoundments. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 8, p. 255-283.

Begossi A, Salivonchyk SV, Hallwass G, Hanazaki N, Lopes PFM, Silvano RAM, Dumaresq D, Pittock J. (2019). Fish consumption on the Amazon: a review of biodiversity, hydropower and food security issues. *Braz J Biol.* 2019 Apr-Jun;79(2):345-357. doi: 10.1590/1519-6984.186572. Epub 2018 Oct 29. Erratum in: *Braz J Biol.* 2018 Dec 13;: PMID: 30379202.

Berg, S. (2006). Snowball sampling 1- Sequential estimation of the mean in finite population to Steiner’s most frequent value. *Encyclopedia of Statistical Sciences*, 12. Doi: 10.1002/0471667196.ess2478.pub2

Berkes, F. (2021). *Toward A New Social Contract: Community-based Resource Management and Small-scale Fisheries*. TBTI Global.

Berkes, F. (1999). *Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Philadelphia: Taylor and Francis. Castello, L., & Macedo, M. N. (2015). *Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems*. *Global Change Biology*, 22(3), 990–1007. doi:10.1111/gcb.13173

Bidone, E. D., Castilhos, Z. C., & M. Cid de Souza \*, , L. D. L, T. (1997). *Fish Contamination and Human Exposure to Mercury in the Tapajós River Basin, Pará State, Amazon, Brazil: A*



*Screening Approach. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59(2), 194–201. doi:10.1007/s001289900464

Bodmer, R., Mayor, P., Antunez, M., Chota, K., Fang, T., Puertas, P., ... Docherty, E. (2018). Major shifts in Amazon wildlife populations from recent intensification of floods and drought. *Conservation Biology*, 32(2), 333–344. doi:10.1111/cobi.12993

Castello, L. (2008). Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 17(1), 38–46. doi:10.1111/j.1600-0633.2007.00255.x

Castello, L., Isaac V., Thapa, R. (2015). Flood pulse effects on multispecies fishery yields in the Lower Amazon. *Royal Society Open Science*. 2. 150299-150299. doi:10.1098/rsos.150299.

Castello, L., McGrath, D. G., Hess, L. L., Coe, M. T., Lefebvre, P. A., Petry, P., et al. (2013). The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conserv. Lett.* 6, 217–229. doi:10.1111/conl.12008.

Castilho, D. (2019). Hidrelétricas na Amazônia brasileira: da expansão à espoliação. *La electricidad y la transformación de la vida urbana y social*, 2019, p. 68-87

Clarkson, T. W., & Magos, L. (2006). The Toxicology of Mercury and Its Chemical Compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 36(8), 609–662. doi:10.1080/10408440600845619

Coomes, O. T., Takasaki, Y., Abizaid, C., & Barham, B. L. (2010). Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environments: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology*, 17(6), 513–521. doi:10.1111/j.1365-2400.2010.00750.x

Correa, S. B., Crampton, W. G. R., Chapman, L. J., & Albert, J. S. (2008). A comparison of flooded forest and floating meadow fish assemblages in an upper Amazon floodplain. *Journal of Fish Biology*, 72(3), 629–644. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01752.x

Costa, M., Botta, A., Cardille, J. (2003). Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*. 283. 206–217. doi:10.1016/S0022-1694(03)00267-1.

Cox, P. M., Harris, P. P., Huntingford, C., Betts, R. A., Collins, M., Jones, C. D., ... Nobre, C. A. (2008). Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature*, 453(7192), 212–215. doi:10.1038/nature06960

Crespo-López, M. E., Lima de Sá, A., Herculano, A. M., Rodríguez Burbano, R., & Martins do Nascimento, J. L. (2007). Methylmercury genotoxicity: A novel effect in human cell lines of the central nervous system. *Environment International*, 33(2), 141–146. doi:10.1016/j.envint.2006.08.005

Dagosta, F. C. P., de Pinna, M., Peres, C. A., and Tagliacollo, V. A. (2020). Existing protected areas provide a poor safety-net for threatened Amazonian fish species. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 31, 1167–1189. doi:10.1002/aqc.3461.

Endoa W, Peres C, Haugaasena, T. (2016). Flood pulse dynamics affects exploitation of both aquatic and terrestrial prey by Amazonian floodplain settlements. *Biological Conservation* 201:129–136.

Ellwanger, J. H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V. L., Valverde-Villegas, J. M., Veiga, A., Spilki, F. R., Fearnside, P. M., Caesar, L., Giatti, L. L., Wallau, G. L., Almeida, S., Borba, M. R., Hora, V., & Chies, J. (2020). Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 92(1), e20191375. doi.org/10.1590/0001-3765202020191375

Fabré, N. N., Castello, L., Isaac, V. J., & Batista, V. S. (2017). Fishing and drought effects on fish assemblages of the central Amazon Basin. *Fisheries Research*, 188, 157–165. doi:10.1016/j.fishres.2016.12.015

Fearnside, P. M., (2015a) Brazil's São Luiz do Tapajós dam: The art of cosmetic environmental impact assessments. *Water Altern* 8:373–396

Fearnside P. M. (2015b). Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. *Ambio*, 44(5), 426–439. doi:10.1007/s13280-015-0642-z

Fernandes, F.R.C.; Alamino, R.D.C.J.; Araújo, E.R. (2014) Recursos Minerais E Comunidade: Impactos Humanos, Socioambientais E Econômicos; CETEM/MCTI: Rio de Janeiro, Brazil.

Fernandes, R., Gomes, L. C., Pelicice, F. M., & Agostinho, A. A. (2009). Temporal organization of fish assemblages in floodplain lagoons: the role of hydrological connectivity. *Environmental Biology of Fishes*, 85(2), 99–108. doi:10.1007/s10641-009-9466-7

Ferreira, S. J. F., Pinel, S., Ríos-Villamizar, E. A., Miranda, S. Á. F., Pascoaloto, D., Vital, A. R. T., ... da Cunha, H. B. (2021). *Impact of rapid urbanization on stream water quality in the Brazilian Amazon. Environmental Earth Sciences*, 80(8). doi:10.1007/s12665-021-09621-7

Finer M, Jenkins CN (2012) Proliferation of Hydroelectric Dams in the Andean Amazon and Implications for Andes-Amazon Connectivity. *PLoS ONE* 7(4): e35126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035126>.

Fogliarini, C. O., Ferreira, C. E. L., Bornholdt J., et al (2021). Telling the same story: Fishers and landing data reveal changes in fisheries on the Southeastern Brazilian Coast. *PLoS One* 16:e0252391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252391>

Freitas, C. E. C., Siqueira-Souza, F. K., Humston, R., & Hurd, L. E. (2012). An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia*, 705(1), 159–171. doi:10.1007/s10750-012-1394-4

Gatti, L. V., Basso, L. S., Miller, J. B., Gloor, M., Domingues, L. G., Cassol, H. L. G., et al. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 595, 388–393. doi:10.1038/s41586-021-03629-6.

Goulding, M. (1980). *The Fishes and the Forest: Explorations in the Amazonian Natural History*. Berkeley, CA: University of California Press.

Goulding, M., Barthem, R., Ferreira, E.J.G., (2003). *The Smithsonian atlas of the Amazon*. Smithsonian Books, Washington, D.C. <https://doi.org/10.4324/9780203028049>

Guerreiro, A.I.C., Ladle, R.J. & da Silva Batista, V. (2016). Riverine fishers' knowledge of extreme climatic events in the Brazilian Amazonia. *J Ethnobiology Ethnomedicine* 12, 50. doi:10.1186/s13002-016-0123-x

Halls, A. S., & Welcomme, R. L. (2004). Dynamics of river fish populations in response to hydrological conditions: a simulation study. *River Research and Applications*, 20(8), 985–1000. doi:10.1002/rra.804

Hallwass, G., Lopes, P., Juras, A., Silvano, R. A. M, (2013). Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological applications: a publication of the Ecological Society of America*. 23. 392-407. doi:10.2307/23441004.

Herbst, D. F., and Hanazaki, N. (2014). Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.* 12, 879–890. doi:10.1590/1982-0224-20130156.

Hrbek T., Da Silva, V. M. F., Dutra, N., et al (2014) A new species of river dolphin from Brazil or: How little do we know our biodiversity. *PLoS One* 9:. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083623>

Hurd, L. E., Sousa, R. G. C., Siqueira-Souza, F. K., Cooper, G. J., Kahn, J. R., & Freitas, C. E. C. (2016). Amazon floodplain fish communities: Habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. *Biological Conservation*, 195, 118–127. doi:10.1016/j.biocon.2016.01.005

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2011). *Levantamento da Ictiofauna Caracterização Genética e da Fauna Parasitária da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós*.

IPCC (2007) IPCC fourth assessment report: climate change (AR4). In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (eds) Working Group II report “impacts, adaptation and vulnerability”. Cambridge University Press, Cambridge, New York, NY

Isaac, V.J., and M.C. Almeida. (2011). El consumo de pescado en la Amazonia Brasileira~ . [The Fish Consumption in the Brazilian Amazon]. Rome: FAO, COPESCAALC Documento Ocasional N13.

Isaac, V.J., Almeida, M.C., Giarrizzo, T., Deus, C. P., Vale, R., Klein, G., Begossi, A. (2015). “Food Consumption as an Indicator of the Conservation of Natural Resources in Riverine Communities of the Brazilian Amazon.” *Anais Da Academia Brasileira de Ciências* 87 (4): 2229–42. doi:10.1590/0001-3765201520140250.

Junk W.J, Piedade M.T.F. (1993). Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus— species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana-Limnologia Et Oecologia Regionalis Systemae Fluminis Amazonas* 12:467–484

Junk, W.J, Bayley, P., Sparks, R. (1989). The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *Can. Spec. Public Fish. Aquat. Sci.* 106.

Kvist, L. P. (2001). The Economic Importance of Products Extracted from Amazonian Flood Plain Forests. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. doi:10.1579/0044-7447-30.6.365

Langill, J.C., Abizaid, C. (2020). What is a bad flood? Local perspectives of extreme floods in the Peruvian Amazon. *Ambio* 49, 1423–1436. doi:10.1007/s13280-019-01278-8

Latrubesse, E.M., Arima, E.Y., Dunne, T., Park, E., Baker, V. R., D’Horta, F. M., Wight, C., Wittmann, F., Zuanon, J., Baker, P. A. (2017). Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*, v. 546, n. 7658, p. 363-369. doi:10.1038/nature22333.

Lima, A. C., & Araujo-Lima, C. A. R. M. (2004). The distributions of larval and juvenile fishes in Amazonian rivers of different nutrient status. *Freshwater Biology*, 49(6), 787–800. doi:10.1111/j.1365-2427.2004.01228.x

Lino, A. S., Kasper, D., Guida, Y. ., Thomaz, J. R., & Malm, O. (2018). Mercury and selenium in fishes from the Tapajós River in the Brazilian Amazon: An evaluation of human exposure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 48, 196–201. doi:10.1016/j.jtemb.2018.04.012

Lino, A. S., Kasper, D., Guida, Y. S., Thomaz, J. R., & Malm, O. (2019). *Total and methyl mercury distribution in water, sediment, plankton and fish along the Tapajós River basin in the Brazilian Amazon. Chemosphere*. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.06.212

Lobo, F.D.L.; Costa, M.P.F.; Novo, E.M. (2015). Time-series analysis of landsat-MSS/TM/OLI images over Amazonian waters impacted by gold mining activities. *Remote Sens. Environ.* 157, 170–184. doi:10.1016/j.rse.2014.04.030

Lobo, F.D.L, Costa M.P.F., Novo E.M. (2017). Telmer K. Effects of Small-Scale Gold Mining Tailings on the Underwater Light Field in the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon. *Remote Sensing.* 2017; 9(8):861. doi:10.3390/rs9080861

Lobo, F.D.L, Costa, M.P.F, Novo, E.M., (2016). Telmer K. Distribution of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Tapajós River Basin (Brazilian Amazon) over the Past 40 Years and Relationship with Water Siltation. *Remote Sensing.* 2016; 8(7):579. doi:10.3390/rs8070579.

Macedo, M. N., Coe, M. T., DeFries, R., Uriarte, M., Brando, P. M., Neill, C., & Walker, W. S. (2013). *Land-use-driven stream warming in southeastern Amazonia. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1619), 20120153–20120153. doi:10.1098/rstb.2012.0153

Malm, O. (1998). Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon. *Environmental Research*, 77(2), 73–78. doi:10.1006/enrs.1998.3828

Manyari, W. V., & de Carvalho, O. A. (2007). Environmental considerations in energy planning for the Amazon region: Downstream effects of dams. *Energy Policy*, 35(12), 6526–6534. doi:10.1016/j.enpol.2007.07.031

Marengo, J. A., Espinoza, J. C. (2016). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36(3), 1033–1050. doi:10.1002/joc.4420

Marengo, J. A., & Espinoza, J. C. (2015). Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, 36(3), 1033–1050. doi:10.1002/joc.4420

Marengo, J. A., Nobre, C. A., Tomasella J., Cardoso, M. F., Oyama MD (2008) Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 363:1773–1778

Marengo, J. A., Tomasella, J., Alves, L. M., Soares, W. R., & Rodriguez, D. A. (2011). The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. *Geophysical Research Letters*, 38(12), n/a–n/a. doi:10.1029/2011gl047436

Marengo, J. A., Williams, E., Alves, L., Soares, W., Rodriguez, D. (2016). Extreme Seasonal Climate Variations in the Amazon Basin: Droughts and Floods. doi:10.1007/978-3-662-49902-3\_4.

- Matthews, W. J., & Marsh-Matthews, E. (2003). Effects of drought on fish across axes of space, time and ecological complexity. *Freshwater Biology*, 48(7), 1232–1253. doi:10.1046/j.1365-2427.2003.01087.x
- McGrath, David G, Alcilene Cardoso, Oriana T Almeida, and Juarez Pezzuti. (2008). “Constructing a Policy and Institutional Framework for an Ecosystem-Based Approach to Managing the Lower Amazon Floodplain.” *Environment, Development and Sustainability* 10 (5): 677–95.
- Melack, J. M., & Coe, M. T. (2021). Amazon floodplain hydrology and implications for aquatic conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(5), 1029–1040. doi:10.1002/aqc.3558
- Ministério do Meio Ambiente - MMA (2016). Portal Ypadê. <http://portalypade.mma.gov.br/ribeirinhos>, acessado em abril de 2022.
- Nagl, P., Hallwass, G., Silva, L. H. T., Nitschke, P. P., Rowedder, A. R. P., Martinez, A. T. R., Silvano, R. A. M., (2021). “Protected Areas and Frugivorous Fish in Tropical Rivers: Small-scale Fisheries, Conservation and Ecosystem Services.” *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, August, aqc.3673. doi:10.1002/aqc.3673.
- Neill, C., Deegan, L., Thomas, S. & Cerri, C. (2001). Deforestation for pasture alters nitrogen and phosphorus in small Amazonian streams. *Ecol. Appl.*, 11, 1817–1828.
- Nevado, J. J. B., Martín-Doimeadios, R. C. R. Bernardo, F. J. G., Moreno, M. J., Herculano, A. M., Nascimento, J. L. M. do, and Crespo-López, M. E. (2010). Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: A review. *Environ. Int.* 36, 593–608. doi:10.1016/j.envint.2010.03.011.
- Nilsson, C., & Berggren, K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience*, 50(9), 783. doi:10.1641/0006-3568(2000)050[0783:aorecb]2.0.co;2
- Nunes, D.M.F., Magalhães, A.L.B., Weber, A.A., Gomes, R.Z., Normando, F.T., Santiago, K.B., Rizzo, E., Bazzoli, N. (2015). Influence of a large dam and importance of an undammed tributary on the reproductive ecology of the threatened fish matrinxã *Brycon orthotaenia* Gunther, 1864 (Characiformes: Bryconidae) in southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 13: 317–324. doi:10.1590/1982-0224-20140084.
- Nunes, M.U.S., Hallwass, G. & Silvano, R.A.M. (2019). Fishers’ local ecological knowledge indicate migration patterns of tropical freshwater fish in an Amazonian river. *Hydrobiologia* 833, 197–215. doi:10.1007/s10750-019-3901-3

Oliveira, G., Chen, J. M., Mataveli, G. A. V., Chaves, M. E. D., Seixas, H. T., Cardozo, F. da S., ... dos Santos, C. A. C. (2020). Rapid Recent Deforestation Incursion in a Vulnerable Indigenous Land in the Brazilian Amazon and Fire-Driven Emissions of Fine Particulate Aerosol Pollutants. *Forests*, 11(8), 829. doi:10.3390/f11080829

Olsson, P., & Folke, C. (2001). Local Ecological Knowledge and Institutional Dynamics for Ecosystem Management: A Study of Lake Racken Watershed, Sweden. *Ecosystems*. 4. 85-104. doi:10.1007/s100210000061.

Pelicice, F.M., Agostinho, A.A., Akama, A. (2021). Large-scale Degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. *Environmental Management* 68, 445–452. doi:10.1007/s00267-021-01513-7

Pereyra, P. E. R., Hallwass, G., Poesch, M., Silvano, R. A. M., (2021) ‘Taking Fishers’ Knowledge to the Lab’: An Interdisciplinary Approach to Understand Fish Trophic Relationships in the Brazilian Amazon. *Front Ecol Evol* 9:1–15. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.723026>

Pinheiro, M. C. N., Crespo-López, M. E., Vieira, J. L. F., Oikawa, T., Guimarães, G. A., Araújo, C. C., ... Silveira, L. C. L. (2007). Mercury pollution and childhood in Amazon riverside villages. *Environment International*, 33(1), 56–61. doi:10.1016/j.envint.2006.06.024

Pinho, P. F., Marengo, J. A., & Smith, M. S. (2015). Complex socio-ecological dynamics driven by extreme events in the Amazon. *Regional Environmental Change*, 15, 643–655. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0659-z>

Poff, N. & Hart, D. (2002). How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. *Bioscience*, 8, 659-668.

Portal TerraBrasilis (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2020. Disponível em: <http://terraBrasilis.dpi.inpe.br>. Acesso em: 18 nov. 2022.

Pouilly, M. & Rodríguez, M. A. (2004). Determinism of fish assemblage structure in neotropical floodplain lakes: influence of internal and landscape lake conditions In *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries (LARS2)* (eds Welcomme, R. & Petr, T. ) 243–265

Prado, F. A., Athayde, S., Mossa, J., Bohlman, S., Leite, F., & Oliver-Smith, A. (2016). How much is enough? An integrated examination of energy security, economic growth and climate change related to hydropower expansion in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1132–1136. doi:10.1016/j.rser.2015.09.050

Restrepo, J. D., Kettner, A. J., & Syvitski, J. P. M. (2015). Recent deforestation causes rapid increase in river sediment load in the Colombian Andes. *Anthropocene*, 10, 13–28. doi:10.1016/j.ancene.2015.09.001

Ribeiro, M. C. L. de B., Petreire, M., & Juras, A. A. (1995). Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia—Tocantins River Basin, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11: 325–350.

Ríos-Villamizar, E. A., Piedade, M. T. F., Junk, W. J., & Waichman, A. V. (2016). Surface water quality and deforestation of the Purus river basin, Brazilian Amazon. *International Aquatic Research*, 9(1), 81–88. doi:10.1007/s40071-016-0150-1

Rodrigues, R.M.; Mascarenhas, A.F.S.; Ichihara, A.H.; Souza, T.M.C. (1994). Estudo dos Impactos Ambientais Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial no Tapajós—Pré-Diagnóstico; CETEM/CNPq: Rio de Janeiro, Brazil; p. 220.

Röpke, C. P., Amadio, S. A., Winemiller, K. O., & Zuanon, J. (2015). Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon Rivers. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 194–212. doi:10.1111/jfb.12791

Röpke, C. P., Pires, T. H. S., Zuchi, N., Zuanon, J., Amadio, S. (2022). Effects of climate driven hydrological changes in the reproduction of Amazonian floodplain fishes. *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY*, v. 59, p. 1134-1145. doi.org/10.1111/1365-2664.14126

Runde, A., Hallwass, G., and Silvano, R. A. M. (2020). Fishers' Knowledge Indicates Extensive Socioecological Impacts Downstream of Proposed Dams in a Tropical River. *One Earth* 2, 255–268. doi:10.1016/j.oneear.2020.02.012.

Saint-Paul, U., Zuanon, J., & Correa, M. (2000). Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57, 235–250.

Sánchez-Botero, J. I., & Araújo-Lima, C. A. R. M. (2001). As Macrófitas aquáticas como berçário para a Ictiofauna da Várzea do Rio Amazonas. *Acta Amazonica*, 31(3), 437–437. doi:10.1590/1809-43922001313447

Santos, R. E., Pinto-Coelho, R. M., Drumond, M. A., et al (2020) Damming Amazon Rivers: Environmental impacts of hydroelectric dams on Brazil's Madeira River according to local fishers' perception. *Ambio* 49:1612–1628. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01316-w>

Saunders, D. L., Meeuwig, J. J., & Vincent, A. C. J. (2002). Freshwater Protected Areas: Strategies for Conservation. *Conservation Biology*, 16(1), 30–41. doi:10.1046/j.1523-1739.2002.99562.x



Silvano, R. A. M., and Begossi, A. (2010). What can be learned from fishers? An integrated survey of fishers' local ecological knowledge and bluefish (*Pomatomus saltatrix*) biology on the Brazilian coast. *Hydrobiologia* 637, 3–18. doi:10.1007/s10750-009-9979-2.

Silvano, R.A.M. and Hallwass, G. (2020). "Participatory Research with Fishers to Improve Knowledge on Small-Scale Fisheries in Tropical Rivers." *Sustainability* 12 (11): 4487. doi:10.3390/su12114487.

Silvano, R.A.M., MacCord, P.F.L., Lima, R.V. et al. (2006). When Does this Fish Spawn? Fishermen's Local Knowledge of Migration and Reproduction of Brazilian Coastal Fishes. *Environ Biol Fish* 76, 371–386. doi:10.1007/s10641-006-9043-2

Sorribas, M. V., Paiva, R. C. D., Melack, J. M., Bravo, J. M., Jones, C., Carvalho, L., Costa, M. H. (2016). Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. *Climatic Change*, 136, 555–570. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>

Sousa R.N, Veiga M.M. (2009). Using performance indicators to evaluate an environmental education program in artisanal gold mining communities in the Brazilian Amazon. *Ambio*. 40-6. doi: 10.1579/0044-7447-38.1.40.

Souza, C.M., Jr.; Kirchhoff, F.T.; Oliveira, B.C.; Ribeiro, J.G.; Sales, M.H. (2019). Long-Term Annual Surface Water Change in the Brazilian Amazon Biome: Potential Links with Deforestation, Infrastructure Development and Climate Change. doi:10.3390/w11030566

Souza, C. M., Z. Shimbo, J., Rosa, M. R., Parente, L. L., A. Alencar, A., Rudorff, B. F. T., ... Azevedo, T. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(17), 2735. doi:10.3390/rs12172735

Staal, A., Tuinenburg, O. A., Bosmans, J. H. C., Holmgren, M., van Nes, E. H., Scheffer, M., ... Dekker, S. C. (2018). Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change*, 8(6), 539–543. doi:10.1038/s41558-018-0177-y

Swanson, A. C., Kaplan, D., Toh, K. Ben, Marques, E. E., and Bohlman, S. A. (2021). Changes in floodplain hydrology following serial damming of the Tocantins River in the eastern Amazon. *Sci. Total Environ.* 800, 149494. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.149494.

Tedesco, P.A.; Beauchard, O.; Bigorne, R.; Blanchet, S.; Buisson, L.; Conti, L.; Cornu, J.-F.; Dias, M.S.; Grenouillet, G.; Hugueny, B.; Jézéquel, C.; Leprieur, F.; Brosse, S.; Oberdorff, T. (2017). A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. *Scientific Data* 4: 170141. doi:10.1038/sdata.2017.141

Timpe, K., & Kaplan, D. (2017). The changing hydrology of a dammed Amazon. *Science Advances*, 3. e1700611. doi:10.1126/sciadv.1700611.

Trancoso, R., Carneiro Filho, A., Tomasella, J., Schietti, J., Forsberg, B., & Miller, R. (2009). Deforestation and conservation in major watersheds of the Brazilian Amazon. *Environmental Conservation*, 36(4), 277-288. doi:10.1017/S0376892909990373

Tregidgo, D., Barlow, J., Pompeu, P. S., & Parry, L. (2020). Tough fishing and severe seasonal food insecurity in Amazonian flooded forests. *People and Nature*. doi:10.1002/pan3.10086

Tudesque, L.; Grenouillet, G.; Gevrey, M.; Khazraie, K.; Brosse, S. (2012). Influence of small-scale gold mining on French Guiana streams: Are diatom assemblages valid disturbance sensors? *Ecol. Indic.* 14, 100–106. doi:10.1016/j.ecolind.2011.07.018

Ullrich, S. M., Tanton, T. W., & Abdrashitova, S. A. (2001). Mercury in the Aquatic Environment: A Review of Factors Affecting Methylation. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 31(3), 241–293. doi:10.1080/20016491089226

Zahar, Y., Ghorbel, A., and Albergel, J. (2008). Impacts of large dams on downstream flow conditions of rivers: Aggradation and reduction of the Medjerda channel capacity downstream of the Sidi Salem dam (Tunisia). *J. Hydrol.* 351, 318–330. doi:10.1016/j.jhydrol.2007.12.019.

Zemp, D. C., Schleussner, C.-F., Barbosa, H. M. J., Hirota, M., Montade, V., Sampaio, G., ... Rammig, A. (2017). Self-amplified Amazon forest loss due to vegetation-atmosphere feedbacks. *Nature Communications*, 8, 14681. doi:10.1038/ncomms14681

Winemiller, K.O., P.B. McIntyre, L. Castello, E. Fluet-Chouinard, T. Giarrizzo, S. Nam, I.G. Baird, W. Darwall, et al. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* 351: 128–129. doi:10.1126/science.aac7082.

Winton, R. S., Calamita, E., & Wehrli, B. (2019). *Reviews and syntheses: Dams, water quality and tropical reservoir stratification*. *Biogeosciences*, 16(8), 1657–1671. doi:10.5194/bg-16-1657-2019

WWF, (2021). 10 Rivers at Risk - Hydropower Dams Threaten Diverse Benefits of Free Flowing Rivers. Gland, Switzerland

**APÊNDICE 1:**

Roteiro do questionário semiestruturado aplicado nas entrevistas sobre mudanças no ciclo hidrológico dos rios e na qualidade da água ressaltando as perguntas analisadas neste estudo:

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Comunidade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_

Sexo: ( ) M ( ) F Tempo de pesca: \_\_\_\_\_ Quanto tempo mora na região?

- 1) Notou alguma mudança nas secas/cheias desde que começou a pescar profissionalmente/para se sustentar? Quais? Por quê?
- 2) As secas afetam os peixes? Como?
- 3) As cheias afetam os peixes? Como?
- 4) Notou alguma mudança na qualidade da água desde que começou a pescar profissionalmente/para se sustentar? Quais? Por quê?