

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Biociências
Bacharelado em Ciências Biológicas
Trabalho de Conclusão de Curso

Etnoecologia, pesca e ecologia trófica da pescada *Plagioscion squamosissimus* em dois rios de águas claras na Amazônia Brasileira

MÁRCIA CAROLINE FRIEDL DUTRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte do requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Azevedo Matias Silvano

Coorientadora: MSc. Paula Evelyn Rubira Pereyra

PORTO ALEGRE

Novembro 2020

Sumário

Sumário	2
Resumo	3
Introdução	4
Objetivo Geral:	9
Objetivos específicos:.....	9
Materiais e Métodos.....	10
Área de estudo:.....	10
Coleta de peixes.....	11
Isótopos estáveis:	11
Entrevistas	12
Análises	13
Resultados	14
Discussão.....	16
Conclusão	22
Agradecimentos.....	22
Referências	23
Figuras.....	31
Tabelas	37

Resumo

O estudo dos níveis tróficos podem revelar indícios do papel ecológico das espécies nas comunidades e auxiliar na avaliação dos impactos da pesca sobre as estruturas tróficas. A pescada (*Plagioscion squamosissimus*) é considerada um dos principais peixes pescados na Amazônia. O conhecimento ecológico local (CEL) é baseado em informações sobre ecologia dos peixes disponibilizadas pelos pescadores. O presente estudo tem como objetivos: 1) estimar e comparar a abundância no ambiente e a importância para a pesca da pescada entre dois rios de água clara na Amazônia brasileira (Tocantins e Tapajós); 2) comparar dois métodos para estimar o nível trófico da pescada utilizando análise de isótopos estáveis (AIE) e o CEL; 3) construir um diagrama de interação da pescada com suas presas e predadores, com base no CEL. As entrevistas foram realizadas em 2018 em sete comunidades no Rio Tapajós (61 entrevistas) e em outubro de 2018 em quatro comunidades no Rio Tocantins (33 entrevistas). A abundância da pescada não apresentou diferença entre os dois rios. A pescada foi mais citada pelos pescadores no rio Tapajós do que no rio Tocantins. Não verificamos correlação entre a abundância da pescada e a sua importância para pesca nos dois rios. Os níveis tróficos estimados para a pescada através da AIE foram (Tapajós: 3,81, Tocantins: 3,55) e através do CEL (Tapajós: 3,62, Tocantins: 3,55). Os itens alimentares da pescada segundo o CEL corroboram com os apresentados pela literatura biológica. Os pescadores identificaram 18 tipos de predadores para pescada. Nossos resultados indicam que o CEL dos pescadores pode contribuir para estimativas de dieta dos peixes explorados pela pesca e análise de nível trófico. Concluímos que a pescada é relativamente abundante e resiliente à pressão pesqueira, podendo ser uma espécie chave para o manejo de recursos pesqueiros na Amazônia.

Palavras-chave: nível trófico; pesca artesanal; conhecimento ecológico local; isótopos estáveis; rio Tapajós; rio Tocantins.

Introdução

Os ambientes fluviais são uma importante fonte de bens e serviços, pois suportam uma grande heterogeneidade de habitats e alta diversidade de espécies, com complexas interações (Castello et al., 2013; Pelicice et al., 2017). Uma maneira de entender esses sistemas é através do conhecimento do nível trófico das espécies, o que pode nos dar pistas sobre qual o seu “papel” dentro das comunidades biológicas, ou como as espécies interagem e influenciam outras espécies e as consequências dessas interações em nível de ecossistema (Holmlund & Hammer, 1999; Estes et al., 2011; Pendleton et al., 2014). Estudos demonstram o papel de peixes para manutenção do ecossistema (Holmlund & Hammer, 1999; Estes et al., 2011), como por exemplo, os detritívoros, que desempenham o transporte de matéria orgânica (Flecker, 1996; Kominoski & Rosemond, 2012), os frugívoros, que atuam como dispersores de sementes (Lucas, 2008; Hawes & Peres, 2014) e os predadores que fazem um controle *top-down* de populações de presas, extremamente importante para o equilíbrio do ecossistema (Estes et al., 2011). A remoção de espécies de peixes que cumprem um papel fundamental no ecossistema pode provocar mudanças na capacidade de resiliência e estados de equilíbrio (Holmlund & Hammer, 1999; Estes et al., 2011; Pendleton et al., 2014). O conhecimento do nível trófico das espécies pode responder questões sobre como a pesca pode afetar a estrutura das comunidades ecológicas ao explorar intensamente espécies que desempenham funções importantes para o funcionamento da cadeia trófica e do ecossistema (Pauly et al., 1998; Scheffer, Carpenter, & De Young, 2005; Estes et al., 2011).

A análise de isótopos estáveis (AIE) tem sido utilizada para compreender o uso de recursos alimentares, bem como para calcular o nível trófico dos organismos

(Anderson & Cabana, 2007; Marshall, Forsberg, & Thomé-Souza, 2008; Hannides et al., 2009; Carvalho et al., 2018). Isótopos estáveis são espécies atômicas de um elemento químico que possuem mesmo número de prótons e diferente número de nêutrons (Pereira & Benedito, 2007). Alguns isótopos estáveis de elementos são muito usados em estudos ecológicos, devido à previsibilidade da variação da composição isotópica dos compostos ao passar por processos físicos, químicos e/ou biológicos, conforme um elemento se move através dos compartimentos de um ecossistema, como é o caso dos isótopos de carbono e nitrogênio (Araujo-Lima et al., 1986; Zuluaga-Gómez et al., 2016). Os isótopos estáveis de carbono são utilizados principalmente para identificar as fontes de energia dos organismos (Rubenstein & Hobson, 2004; Fry, 2006). Já os isótopos estáveis de nitrogênio são utilizados para determinar a posição trófica de consumidores (Vander Zanden, Cabana, & Rasmussen, 1997; Hussey et al., 2014).

Além disso, informações sobre interações ecológicas de recursos importantes para populações humanas podem ser inferidas através de estudos sobre o conhecimento ecológico local (CEL) de populações tradicionais e/ou locais (Etnoecologia) (Huntington, 2000; Silvano, Silva, Ceroni, & Begossi, 2008). O CEL de pescadores pode contribuir para a obtenção de informações sobre os peixes capturados, como tamanho, abundância, comportamento, migração, reprodução, além de também questões sobre a situação dos recursos explorados na pesca atual e passada, como quantidade (biomassa) e composição (principais categorias ecológicas) (Poizat & Baran, 1997; Huntington, 2000; Silvano & Valbo-Jørgensen, 2008; Hallwass, Schiavetti, & Silvano, 2020). O CEL também pode indicar as dietas de peixes que são utilizados na pesca (Silvano & Begossi, 2005; Silvano et al., 2008; Nunes, Hartz, & Silvano, 2011; Ramires et al., 2015). Alguns estudos já demonstram que o CEL de pescadores pode ser útil para estudos de níveis tróficos de peixes (Silvano & Begossi, 2016). Além de proporcionar indícios para novas hipóteses

ecológicas, algumas das quais dificilmente seriam constatadas pelos pesquisadores (Huntington, 2000; Silvano et al., 2008; Silvano & Valbo-Jørgensen, 2008). As ações de manejo de recursos atrelados ao CEL das comunidades envolvidas têm maior probabilidade de serem mais bem-sucedidas do que ações que ignoram os utilizadores dos recursos (Huntington, 2000; Johannes, Freeman, & Hamilton, 2000; Begossi, 2008; Silvano & Valbo-Jørgensen, 2008).

As mudanças antrópicas podem influenciar negativamente os sistemas aquáticos, colocando em risco as estruturas das teias alimentares, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes (Estes et al., 2011; Castello et al., 2013; Santos et al., 2020). Essas mudanças ocorrem especialmente em ambientes aquáticos como na Amazônia, que estão sofrendo com diferentes pressões antrópicas, como a pesca excessiva de algumas espécies, a construção de reservatórios, a mineração, o desmatamento, poluição e a contaminação por microplásticos (Castello et al., 2013; Castello & Macedo, 2016; Winemiller et al., 2016; Keppeler et al., 2018; Andrade et al., 2019).

Dois importantes rios de águas claras na Amazônia brasileira são os rios Tapajós e Tocantins, que apresentam diferentes históricos de impactos antrópicos. O rio Tocantins está passando por diferentes impactos ao longo dos últimos anos e pode ser considerado um dos rios com mais alterações antrópicas da bacia amazônica (Barthem et al., 2005), principalmente devido à instalação de sete barragens, incluindo o reservatório de Tucuruí, concluído em 1984 (Fearnside, 1999, 2001; Hallwass, Lopes, Juras, & Silvano, 2013). A região do médio rio Tocantins se encontra ameaçada por dois empreendimentos de larga escala: a usina hidrelétrica de Marabá e a hidrovia Araguaia-Tocantins, que irá acarretar a destruição (implosão) das pedras que formam as corredeiras desse trecho do rio (Akama, 2017). O rio Tapajós, pode ser considerado mais preservado com comparação ao rio Tocantins, visto que ainda não existem usinas hidroelétricas instaladas no rio (Fearnside,

2015), e existem várias terras indígenas e unidades de conservação ao longo do seu curso (Keppeler, Hallwass, & Silvano, 2017; Hallwass, Schiavetti, & Silvano, 2020), mas projetos de construção de usinas hidrelétricas estão em planejamento, podendo ter consequências negativas para comunidades de peixes e, conseqüentemente, para as pescarias e para as pessoas que dependem destes recursos (Fearnside, 2015; Athayde et al., 2019; Runde, Hallwass, & Silvano, 2020). Além disso, os trechos superiores do rio Tapajós têm forte presença de mineração, ameaçando os peixes e as comunidades ribeirinhas devido à contaminação por mercúrio (Malm et al., 1995; Bidone et al., 1997; Nevado et al., 2010).

Uma das espécies de peixe que possui grande importância para pesca artesanal e comercial fluvial no Brasil é a espécie *Plagioscion squamosissimus*, que é um Perciformes pertencente à família Sciaenidae, sendo popularmente conhecida como pescada na Amazônia (Silvano & Begossi, 2001; Ruffino, 2004; Parente & Batista, 2005; Hallwass et al., 2011; Hallwass & Silvano, 2016) Essa espécie ocorre naturalmente na bacia Amazônica e habita regiões de lagos e lagoas (Casatti, 2013). Encontra-se preferencialmente em ambientes bentônicos e de coluna d'água (Juras, Rocha, & Cintra, 2005). Os indivíduos dessa espécie alimentam-se de insetos quando jovens e de peixes e camarões quando adultos, sendo caracterizada como uma espécie oportunista, pois em caso da redução na disponibilidade dos principais alimentos, a espécie os substitui por itens mais abundantes (Bennemann et al., 2006; Hahn, Loureiro, & Delariva, 2008). A pescada é essencialmente sedentária e forma cardumes que transitam pelas regiões centrais de lagos, lagoas e reservatórios, com hábito crepuscular e noturno (Juras, Rocha, & Cintra, 2005; Santos, Ferreira, & Zuanon, 2006; Casatti, 2013). Na região amazônica, a pescada é um dos principais peixes explorados pela pesca artesanal e que pode ser capturada durante o ano todo por ser uma das únicas espécies sedentárias (Camargo &

Petrere Jr, 2004; Hallwass & Silvano, 2016). Na região do Baixo rio Tapajós, a espécie está entre os três peixes mais capturados pela pesca artesanal (Hallwass et al., 2020). No baixo rio Tocantins a pescada é a espécie mais capturada (Hallwass et al., 2011), também está entre os três peixes mais pescados da porção média do rio (Cetra & Petrere, 2001). Além de importante para pesca na Amazônia, a pescada pode ser considerada uma das principais espécies de peixes amazônicos introduzida em outras bacias no Brasil (Agostinho, Gomes, & Pelicice, 2007). A pescada foi introduzida em diversos reservatórios no Brasil, onde representa uma das principais espécies capturadas nestes locais (Silvano & Begossi, 2001; Bennemann et al., 2006; Agostinho, Gomes, & Pelicice, 2007; Hahn, Loureiro, & Delariva, 2008; Santos et al., 2014). Para o manejo de recursos pesqueiros são extremamente necessários estudos relacionados com espécies explorada, para a compreensão do seu ciclo de vida e como a pesca pode impactar na dinâmica dessas espécies (Begg, Friedland, & Pearce, 1999). Embora existam estudos sobre a composição da dieta da pescada, a maioria dos estudos foi desenvolvida em reservatórios (Bennemann et al., 2006; Hahn, Loureiro, & Delariva, 2008); estes estudos sobre dieta de peixes são escassos na Bacia Amazônica e não são focados especificamente para essa espécie (Mérona & Rankin-de-Mérona, 2004; Dary et al., 2017).

Nesse contexto, o presente estudo visa estimar e comparar a abundância no ambiente e a importância para a pesca da pescada (*P. squamosissimus*) entre dois rios de água clara na Amazônia brasileira (Tocantins e Tapajós), com diferentes históricos de alterações ambientais. Além disso, foram comparados dois métodos para estimar o nível trófico da pescada: utilizando a AIE e o CEL dos pescadores. Esse deverá ser o primeiro estudo em que a combinação dos métodos de isótopos estáveis e CEL serão utilizados para investigar a ecologia trófica da pescada em rios Amazônicos com diferentes impactos.

Objetivo Geral:

Verificar o quanto a pescada (*Plagioscion squamosissimus*) é importante para a pesca, estimar a abundância da pescada no ambiente e calcular seu nível trófico utilizando diferentes análises (AIE e CEL) como indicador do potencial papel ecológico dessa espécie, em rios amazônicos de águas claras (rio Tapajós e rio Tocantins), com diferentes históricos de alterações antrópicas.

Objetivos específicos:

1- Estimar e comparar a abundância da Pescada no ambiente dos dois rios estudados;

2- Verificar a importância desta espécie para a pesca e se ocorrem diferenças nessa importância entre os rios;

3- Verificar se as capturas da pescada na pesca está relacionada com a disponibilidade dessa espécie no ambiente;

4- Estabelecer ligações tróficas da pescada com presas e predadores através do CEL e construir um diagrama de interações;

5- Determinar o nível trófico (NT) da pescada na rede de interação a partir de análises de CEL e AIE, e comparar resultados obtidos;

6- Comparar o nível trófico da pescada, estimado através da AIE e CEL, entre rios que diferem quanto ao histórico de impactos ambientais (Tapajós e Tocantins) da Amazônia Brasileira.

Materiais e Métodos

Área de estudo:

O estudo foi desenvolvido na porção média dos rios Tapajós (Fig. 1) e Tocantins (Fig. 2), na Amazônia brasileira. Ambos são rios de águas claras, com baixos níveis de sedimentos e concentrações de nutrientes (Albert & Reis, 2011; Reis et al., 2016).

O Rio Tapajós é caracterizado pela água clara, sendo a mais translúcida da bacia amazônica, estendendo-se pelos estados de Mato Grosso, Pará e Amazonas (Walker, 2017). Este rio é formado pelas confluências dos rios Teles Pires e Juruena, sua foz é no rio Amazonas, próxima a Santarém (ICMBIO, 2009). Possui 1.992 km de extensão e drena uma área de aproximadamente 460.200 km² sendo responsável por 6% da descarga de água doce no rio Amazonas (Latrubesse, Stevaux, & Sinha, 2005). O rio Tapajós apresenta épocas de seca (julho a dezembro) e cheia (janeiro a junho) (ICMbio, 2009). As coletas foram realizadas no trecho considerado neste e outros estudos (Runde, Hallwass, & Silvano, 2020) como médio rio Tapajós, entre as cidades de Itaituba e Aveiro (Fig. 1), onde ocorre um trecho de corredeiras próximo às comunidades de São Luiz do Tapajós e Pimental.

Os rios Tocantins e Araguaia são rios de água clara que nascem no Planalto de Goiás, a cerca de 1000 m de altitude, sendo formados pelos rios das Almas e Maranhão, e com extensão total aproximada de 1.960 km até a sua foz no Oceano Atlântico (ANA, 2017). Sua superfície corresponde a aproximadamente 11% do território nacional, passando pelos Estados de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e o Distrito Federal (MMA, 2006). Possui uma área de 767.000 km² recoberta por vegetação Amazônica, de transição e de cerrado (Ribeiro, Petrere, & Juras, 1995). O rio Tocantins apresenta épocas de seca (maio a setembro) e cheia (outubro a abril). As coletas no rio Tocantins foram realizadas no trecho médio do rio, em áreas próximas às corredeiras

(pedrais), entre os municípios de Itupiranga e Marabá (PA), até o trecho próximo à confluência com o rio Araguaia (Fig. 2).

Coleta de peixes

As amostragens de peixes foram efetuadas no período da seca em ambos os rios e foram realizadas no rio Tapajós em setembro de 2018 em nove pontos de coleta (Fig.1). No rio Tocantins, as amostragens foram realizadas em outubro de 2018, em cinco pontos de coleta (Fig.2). As amostragens de peixes foram realizadas utilizando dois conjuntos (420 m² cada) de sete redes malhadeiras com diferentes tamanhos de malhas (15, 25, 35, 50, 60 e 80 mm entre nós opostos), durante um período de 24 horas. Os espécimes capturados foram identificados até o nível de espécie e realizamos as medidas de comprimento padrão (CP; cm) e peso (g) dos indivíduos coletados.

Isótopos estáveis

Para AIE, retiramos amostras de tecido muscular ântero-dorsal dos peixes. Cada amostra foi colocada individualmente em uma placa de Petri, previamente esterilizadas em banho de HCl por 24 h, e levadas à estufa (60°C) por 48 h. Após, foram macerados com auxílio de grau e pistilo e sub-amostras pesadas (1 a 3 mg), em cápsulas de estanho ultra-puras (Elemental Microanalysis) e enviadas para laboratório especializado na University of Alberta, Edmonton, Canada para determinação da razão isotópica de (¹³C/¹²C) e nitrogênio (¹⁵N/¹⁴N). Todas as amostras foram convertidas em gás para a leitura em espectrômetro de massa. Os resultados foram expressos em notação delta: $\delta^{13}\text{C}$ ou $\delta^{15}\text{N} = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] * 1000$, onde $R = {}^{12}\text{C}/{}^{13}\text{C}$ ou ${}^{14}\text{N}/{}^{15}\text{N}$. Os valores obtidos foram comparados com padrões de referência para o carbono foi PeeDee Belemnite para carbono e ar atmosférico para o nitrogênio. As razões isotópicas (¹³C, ¹⁵N) foram expressas em permil (‰) (Fry, 2006). Como em nosso estudo as pescadas apresentaram uma maior quantidade de lipídios, nós utilizamos uma normalização

matemática para corrigir os valores de carbono, através da equação $\Delta\delta^{13}C = -3,32 + 0,99 \times C:N$ (Post, 2002).

Entrevistas

Para verificar quais os principais peixes utilizados, entrevistas com 61 pescadores foram realizadas em março de 2018 em 7 comunidades no Rio Tapajós: Barreiras, Brasília legal, Canaã, Cauaçupepa, Miritituba, Pedra Branca e São Luis do Tapajós (Fig.1), como parte de pesquisa mais geral sobre a pesca no Tapajós (Runde et. al 2020). No rio Tocantins foram entrevistados 33 pescadores em outubro de 2018, em 4 comunidades: Apinagés, Espírito Santo, Santa Cruz e Vila Tauri (Fig.2). Os dados de dieta da pescada e seus predadores foram obtidos através das entrevistas mencionadas anteriormente no rio Tocantins e através de entrevistas adicionais com 67 pescadores em setembro de 2018 nas sete comunidades do Rio Tapajós (Fig.1). Inicialmente, antes de realizar as entrevistas, explicamos o objetivo da pesquisa e solicitamos permissão para entrevistar cada pescador. Primeiramente pedimos indicação para os líderes da comunidade de pescadores experientes que atendessem os requisitos mínimos para a pesquisa, sendo que esses critérios foram: ser maior de 18 anos, ter a pesca como atividade principal e residir na comunidade há pelo menos 10 anos. O método de amostragem de seleção para os entrevistados foi o “bola de neve” (snowball sampling), conforme aplicado em estudos anteriores de etnoecologia (Silvano et al., 2006; Hallwass et al., 2013a; Runde, Hallwass, & Silvano, 2020) no qual cada pescador entrevistado indicava outros pescadores que estivessem dentro dos requisitos da pesquisa. Durante as entrevistas, fizemos perguntas baseadas em questionário padronizado, referentes a ecologia trófica da pescada, como os itens alimentares que ela consome e que organismos utilizam a pescada para alimentação; também perguntamos quais os peixes mais pescados pelos pescadores, cada pescador podia citar até cinco peixes. Esse estudo foi aprovado no comitê de ética para estudos

com pessoas (CONEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CAAE: 82355618.0.0000.5347).

Análises

A normalidade para os dois conjuntos de dados (citações e biomassa) foi testada através do teste de Shapiro-Wilk (1965). Como os dados não atingiram o pressuposto da normalidade, os dados de biomassa foram convertidos em logaritmo, já dos dados de entrevista e biomassa dos dois rios juntos foram convertidos em raiz quadrada.

Estimamos a abundância da pescada no ambiente através da porcentagem de biomassa obtida nas coletas e comparamos as médias de porcentagem entre os dois rios através do teste-t de Welch (1951) levando em consideração o valor de significância de $p < 0.05$. Verificamos se a pescada é mais importante para as pescarias no rio Tapajós comparado ao rio Tocantins utilizando a porcentagem de citações da pescada obtidas através das entrevistas com os pescadores, através do teste-t de Welch unilateral (1951). Para verificar se a importância da pescada para a pesca está relacionada com a abundância da espécie no ambiente, comparamos através de correlação de Pearson levando em consideração o valor de significância de $p < 0.05$, os dados de porcentagem de biomassa da pescada proveniente das coletas e a porcentagem de citações da pescada proveniente das entrevistas, para 11 comunidades nos dois rios estudados.

A posição trófica foi calculada a partir do pacote “tRophicPosition (Quezada-Romegialli et al., 2018). A posição trófica foi modelada utilizando Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC) com 20,000 interações e 20,000 amostras adaptativas em JAGS 4.3.0. A baseline utilizada foram moluscos (*Doryssa* spp.). Os valores de fracionamento isotópico usados para o carbono ($\delta^{13}\text{C}$) $0,47 \pm 1,23$ e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) $2,54 \pm 0,11$ (Post, 2002).

Com base no conhecimento dos pescadores, estimamos as porcentagens de contribuição dos itens alimentares consumidos pela pescada e a porcentagem de organismos que utilizam a pescada como alimento (predadores). O NT da Pescada com base nas informações coletadas em entrevistas com pescadores foi estimado através da porcentagem de pescadores que citaram cada recurso alimentar da espécie (Silvano & Begossi, 2016). Definimos os recursos alimentares por categorias: sedimento (NT=2), insetos (NT=3), crustáceos (NT=3), vertebrados terrestres (NT=4), peixes (NT=4). Calculamos o NT geral da pescada multiplicando a porcentagem de citações pelo NT atribuído para cada recurso alimentar e somamos os resultados de todos os recursos alimentares citados, em seguida esta soma foi dividida pela soma da porcentagem de pescadores que citaram cada recurso alimentar (Silvano & Begossi, 2016). Por exemplo, no rio Tapajós os pescadores citam como alimento da pescada: Crustáceos (62% das citações) e peixes (100% das citações), o NT da pescada foi calculado da seguinte forma: $(62 \times 3) + (100 \times 4) = 586$, então $586 / 162 = 3,6$; sendo assim, o NT da pescada segundo o CEL dos pescadores no rio Tapajós é igual a 3,6. A soma da porcentagem de citações pode ser maior que 100% porque os pescadores puderam citar mais de um item alimentar ou predador. Não discriminamos o nível taxonômico dos peixes consumidos, pois geralmente a descrição destes itens alimentares fornecida pelos pescadores não é específica o suficiente para identificação, sendo assim, independente da espécie de peixe consumida, foi atribuído o mesmo NT=4. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Development Core Team, 2010).

Resultados

Foram coletados 22,5 kg e 108 indivíduos de pescada no rio Tapajós (228, 6 Kg e 3.455 indivíduos coletados no total), 28,7 kg e 121 indivíduos no rio Tocantins (109,4 Kg e 1.639 indivíduos coletados no total). A pescada representou 9,9% e 26% de toda a

biomassa coletada nos rios Tapajós e Tocantins, respectivamente. Não encontramos diferenças entre a abundância média da pescada coletada nos rios Tapajós e Tocantins ($t = -0,76$, $df = 12$, $p = 0,45$) (Fig. 3).

Nas entrevistas sobre a relevância das espécies de peixes para pesca, a pescada foi citada 62 vezes, representando 12,6% de todas as citações (n total= 490) no rio Tapajós. Já no rio Tocantins, a pescada foi citada 7 vezes, representando 4,6% de todas as citações ($n = 150$). Quanto a importância para pesca, a pescada foi mais citada pelos pescadores no rio Tapajós do que no rio Tocantins (t unilateral = 2,1, $df = 9$, $p = 0.03$) (Fig. 4). Apesar do teste t bilateral ($t=1,7$, $p= 0.14$) não ser significativo entre os rios, optamos por considerar o resultado do teste t unilateral, que indica uma maior média de citação no rio Tapajós, o que parece refletir melhor os dados observados (Fig. 4). Não houve correlação ($r= 0,19$, $df = 9$, $p= 0,56$) entre a importância para a pesca e a abundância da pescada nas comunidades estudadas em ambos os rios (Fig. 5)

A posição trófica da pescada obtida através da AIE foi de 3,81 (Intervalo de credibilidade - IC: 3,31-4,15) no rio Tapajós e 3,55 (IC: 2,31-4,64) no rio Tocantins. Na análise de CEL dos pescadores, a posição trófica estimada foi de 3,62 no rio Tapajós e 3,55 no rio Tocantins.

Os pescadores citaram uma grande diversidade itens alimentares que a pescada pode consumir, com 20 itens alimentares citados (Tabela 1). Os principais itens alimentares citados em ambos os rios foram peixes, sendo os mais mencionados a piaba, o acari, e o banido, seguido por crustáceos (camarão) e insetos (Fig. 6). Os pescadores também citaram uma alta diversidade de predadores para pescada, como mamíferos (boto, lontra e ariranha), peixes (tucunaré, dourada e jaú), aves (gavião e garça), jacaré, além de indivíduos da mesma espécie (Fig. 6), um total de 18 tipos de predadores foram citados (Tabela 2).

Discussão

O fato de que a abundância da pescada não diferiu entre os rios, mesmo o rio Tocantins sofrendo com mais impactos negativos resultantes de ações antrópicas quando comparado com o rio Tapajós, pode ser parcialmente explicado devido ao comportamento oportunista da espécie. A pescada é um peixe oportunista, que modifica a sua dieta com grande plasticidade quando necessário, devido à escassez de algum recurso alimentar (Abelha, Agostinho, & Goulart, 2001; Bennemann et al., 2006; Hahn, Loureiro, & Delariva, 2008). Por esse motivo, a pescada foi introduzida em vários reservatórios no Brasil, se adaptando muito rapidamente e com sucesso (Silvano & Begossi, 2001; Bennemann et al., 2006; Agostinho, Gomes, & Pelicice, 2007; Hahn, Loureiro, & Delariva, 2008; Santos et al., 2014). Esta espécie pode ser resiliente a impactos ambientais, como observado no Rio Piracicaba/SP (Silvano & Begossi, 1998) e no rio Tocantins, na Amazônia (Cetra & Petrere, 2001; Hallwass et al., 2013a), onde a quantidade relativa de pescada aumentou nas pescarias após a implementação de barragens.

Quanto a importância para pesca, a pescada foi mais citada pelos pescadores no rio Tapajós do que no rio Tocantins; uma possível explicação para estes resultados seria a capacidade de adaptação dos pescadores. Estudos demonstram adaptabilidade dos pescadores frente a diminuição em abundância de espécies de maior tamanho corporal e, conseqüentemente, maior valor de mercado e almejadas nas pescarias, passando a explorar espécies menores de porte médio como a pescada, através do “*fishing down process*” (Welcomme, 1999; Castello et al., 2015). Esse processo já foi documentado na porção baixa do rio Tapajós com base em entrevistas com pescadores, onde a pescada passou a ser mais capturada devido a diminuição de espécies de maior porte (Hallwass et al., 2020). E pode estar ocorrendo também na porção média do rio Tapajós, onde nosso

estudo foi realizado, uma vez que a abundância da pescada não diferiu entre os rios, mas aparentemente é mais importante para pesca no rio Tapajós em comparação com o rio Tocantins. Outra questão que pode estar envolvida é o fato de que os pescadores capturam mais a pescada em meses que os peixes migradores não estão presentes na região ou quando a captura de outras espécies é dificultada pela cheia; visto que a pescada não realiza migrações e pode ser capturada durante o ano todo; Hallwass, Lopes, Juras, & Silvano (2013b) demonstraram esta questão no baixo rio Tocantins, onde os pescadores mantêm a produção na cheia direcionando as capturas para a pescada utilizando linha e anzol. Sendo assim, a diferença em importância para pesca entre os dois rios pode estar relacionada a época do ano em que as entrevistas foram realizadas, época de seca, então a pescada pode não ter sido o foco das pescarias nesta época, por isso foi menos citada no rio Tocantins.

Constatamos que a captura da pescada independe de sua disponibilidade no ambiente, ou seja, a abundância da pescada não apresenta relação positiva nem negativa com o quanto ela é capturada, segundo as entrevistas com os pescadores. Este pode ser um indício de que a pescada é resiliente à pressão da pesca e que sua captura pode ser feita de forma sustentável. Outros estudos demonstram que, mesmo sendo muito explorada na pesca da Amazônia (Hallwass & Silvano, 2016), a abundância da pescada na pesca se mantém ao longo do tempo (Hallwass et al., 2013a; Hallwass, Schiavetti, & Silvano, 2020). Visto os diversos impactos que a região amazônica vem sofrendo ao longo dos anos, ameaçando a produção pesqueira, sustento e segurança alimentar da população (Castello et al., 2013, 2015; Winemiller et al., 2016; Keppeler et al., 2018; Andrade et al., 2019), é importante encontrar espécies que apresentam tolerância à pressão pesqueira e aos impactos ambientais. Além disso, foi sancionada a lei estadual 79/2016, de 30 de maio de 2016, que permite aquicultura de espécies não-nativas na bacia do rio Amazonas,

com finalidade de crescimento econômico para região, e que pode causar diversos impactos negativos para todo o ecossistema, como a mudança na qualidade da água e da biota, disseminação de doenças e supressão de espécies nativas (Agostinho et al., 2017; Padial et al., 2017; Catelani et al., 2021). Os resultados apresentados neste trabalho indicam que a pescada tem potencial de ser uma espécie chave para o manejo de recursos pesqueiros e incremento sustentável na produção pesqueira; porém, por se tratar de uma espécie que não realiza migrações e não ameaçada, a pescada muitas vezes não é incluída em discussão sobre manejo de recursos pesqueiros ou em estudos sobre a pesca ou biologia pesqueira, estratégias de manejo da pesca na Amazônia devem incluir esta espécie.

Os itens alimentares da pescada citados pelos pescadores foram bem semelhantes aos registrados na literatura (Mérona & Rankin-de-Mérona, 2004; Dary et al., 2017), apesar de variar em importância relativa, o que é plausível devido ao caráter oportunista da pescada. Além disso, apesar de o conhecimento dos pescadores sobre a dieta da pescada diferir da literatura biológica e entre os rios em relação a importância relativa das presas, o nível trófico calculado com base no CEL, mostrou grande semelhança entre os rios. Este pode ser um indício de que a espécie possui um papel ecológico similar no Rio Tapajós e no Rio Tocantins. O conhecimento dos pescadores sobre a dieta da pescada corrobora com outros estudos biológicos, que categorizam a espécie como carnívora, consumindo principalmente peixes e crustáceos (Costa et al., 2009; Stefani & Rocha, 2009; Santos et al., 2014). Os pescadores também relataram canibalismo nessa espécie. Evidências de que a pescada pode se alimentar de indivíduos juvenis da mesma espécie já foram demonstradas em pesquisa por Braga (1998). Outros estudos demonstram que os pescadores tendem a identificar mais precisamente a dieta de peixes piscívoros, que normalmente corroboram com a literatura ou estudos de conteúdo estomacal (Begossi &

Silvano, 2008; Silvano & Begossi, 2010). Este conhecimento provavelmente é adquirido pelos pescadores através do uso de iscas e/ou observações durante a evisceração dos peixes (Silvano & Begossi, 2002; 2005). Estudos biológicos sobre a dieta dos peixes, como a análise de conteúdo estomacal, enfrentam dificuldades de identificar e quantificar os itens alimentares em nível de espécie; visto que é comum que peixes piscívoros apresentem estômago vazio (Arrington et al., 2002), ou que os itens alimentares estejam em estado avançado de digestão (Stapp, 2002). Neste sentido, o conhecimento dos pescadores pode apresentar informações mais detalhadas sobre as espécies de presas. E, ainda, as informações fornecidas pelos pescadores podem auxiliar na geração de novas hipóteses de estudo sobre a dieta de peixes (Huntington, 2000; Silvano et al., 2008; Silvano & Valbo-Jørgensen, 2008).

As informações obtidas nas entrevistas com os pescadores quanto aos predadores da pescada indicam que vários predadores de topo, como mamíferos (ariranha, lontra e boto) e peixes de grande porte (tucunaré, dourada e jaú), utilizam a pescada como recurso alimentar. O CEL pode auxiliar no entendimento da composição da dieta de mamíferos aquáticos (Ramires et al., 2015; Manzan & Lopes, 2016), que geralmente são escassos devido à dificuldade de amostragem convencional. Além disso, algumas destas espécies se encontram ameaçadas de extinção na Amazônia, como o boto vermelho (*Inia geoffrensis*), boto tucuxi (*Sotalia fluviatilis*), a ariranha (*Pteronura brasiliensis*), e a lontra (*Lontra longicaudis*) e/ou são endêmicas, como o boto do Araguaia (*I. araguaiaensis*) (ICMBio, 2019). Sendo assim, a gestão da pesca e conservação dos recursos pesqueiros é essencial para garantir os recursos alimentares para estas espécies de predadores e o CEL pode ser uma importante fonte de dados que pode auxiliar na conservação destas espécies.

Além de informações sobre a biologia, podemos compreender processos como contaminação por metais pesados através do CEL dos pescadores. A pescada, por ser carnívora, têm potencial de bioacumular metais pesados, podendo contaminar outros organismos que se alimentam dela (Bastos et al., 2008; Bisi et al., 2012). Silvano & Begossi (2016) demonstram que o conhecimento dos pescadores pode ser útil para estimativas aproximadas do potencial de contaminação a partir do nível trófico calculado com base no CEL. Estas informações são particularmente relevantes quando focamos no rio Tapajós, onde a pescada é importante para a pesca, segundo os resultados do nosso estudo. O rio Tapajós apresenta histórico de contaminação pelo metal pesado mercúrio, oriundo da mineração de ouro (Malm et al., 1995; Nevado et al., 2010). Essa contaminação pode colocar em risco a segurança alimentar dos ribeirinhos, que têm o pescado como principal fonte de proteína animal (Isaac et al., 2015), além de afetar outros organismos no topo da cadeia alimentar, como os Botos, que utilizam a pescada na alimentação (Lailson-Brito et al., 2008; Nevado et al., 2010).

Nosso resultados evidenciam que a pescada pertence ao terceiro nível trófico, convencionalmente atribuído a carnívoros (Vander Zanden & Rasmussen, 1996). Peixes carnívoros podem influenciar as comunidades biológicas de diversas formas, como no efeito *top-down* de cascata trófica, onde os predadores influenciam a abundância das presas, podendo ter impactos diretos ou indiretos sobre a qualidade do ecossistema (Nowlin et al., 2006; Estes et al., 2011); predadores também atuam na manutenção da saúde da comunidade removendo indivíduos debilitados e conseqüentemente mais vulneráveis (Carpenter & Kitchell, 1988). Resultados semelhantes também foram observados em Silvano & Begossi (2016), em estimativas do nível trófico com base no CEL, com o valor de 3,2 de NT atribuído para pescada. Já segundo o site Fishbase (Froese & Pauly, 2019), o NT atribuído para pescada é igual a 4,4; neste caso os resultados podem

ter divergido devido aos métodos empregados para estimativa de nível trófico, o local onde foram coletados os espécimes analisados ou o tamanho e fase da vida dos espécimes.

Os valores de nível trófico obtidos através de isótopos estáveis e através do conhecimento ecológico local foram muito semelhantes, tanto comparando os dois métodos de análise, quanto em comparação entre os rios Tapajós e Tocantins. Inclusive no Rio Tocantins os valores de nível trófico estimados através dos dois métodos (CEL e AIE) foram idênticos (3,55). Isto indica que os pescadores possuem conhecimentos que podem auxiliar na determinação do nível trófico dos peixes. O estudo anterior realizado por Silvano & Begossi (2016) comparou os o NT estimado através do CEL com dados gerais da literatura, e concluiu que o CEL dos pescadores pode ser útil para determinar o NT de peixes importantes para pesca e estimar contaminações por mercúrio. No presente estudo podemos corroborar com dados mais precisos pois utilizamos AIE de amostras de peixes coletadas nos mesmos locais onde foram realizadas as entrevistas com os pescadores. Além disso, a AIE apresenta resultados mais refinados pois reflete os itens alimentares que realmente foram assimilados pelo organismo. A semelhança entre os resultados de NT obtidos através do CEL e AIE reforça a segurança no cálculo de NT a partir do CEL dos pescadores.

Neste estudo, consideramos que os dois métodos de análise (AIE e CEL) podem ser utilizados concomitantemente com confiança reforçando, portanto, as conclusões de estudo anterior de que o CEL pode ser útil para estimativas de nível trófico dos peixes importantes para pesca (Silvano & Begossi 2016). No entanto, considerando o alto custo financeiro da análise de isótopos estáveis e protocolo complexo, o CEL pode oferecer resultados satisfatórios com baixo custo financeiro, sem necessidade de coleta de amostras e com menos tempo despendido. Além disso, o CEL dos pescadores pode ter uma ampla aplicabilidade em estudos de impacto ambiental, como para estimar a

condição dos estoques pesqueiros a partir de análises temporais, além do efeito de barramentos sobre as capturas na pesca, conhecer o comportamento e dieta de espécies introduzidas, e estimar contaminações por mercúrio, importantes para conservação e gestão de pesca (Silvano & Begossi, 2016b; Hallwass, Schiavetti, & Silvano, 2020; Santos et al., 2020; Runde, Hallwass, & Silvano, 2020; Catelani et al., 2021). O cenário ideal seria utilizar o CEL e pesquisas convencionais como complementares um ao outro (Aswani & Hamilton, 2004; Begossi & Silvano, 2008; Silvano & Begossi, 2010) porém isso nem sempre é possível devido à falta de recursos financeiros. Nestes casos, o CEL pode ser empregado para tomada de decisão e planos de manejo para os recursos pesqueiros. Além disso, destacamos a necessidade de estudos mais aprofundados sobre outros aspectos ecológicos desta espécie, como reprodução, análise de contaminação por mercúrio e dinâmica populacional aplicada à pesca.

Conclusão

Neste estudo concluímos, com base em comparações com AIE, que o CEL é adequado para determinação de nível trófico da pescada e tem potencial de ser aplicado para outras espécies que são alvo da pesca e em outros locais que carecem de dados. A pescada pode ser considerada uma espécie com papel importante na cadeia trófica e para o sustento das comunidades ribeirinhas e produção pesqueira, e também apresenta uma possível resiliência aos impactos ambientais, mesmo o rio Tocantins sendo mais modificado que o rio Tapajós, não houve diferença na abundância da pescada entre os rios, assim estratégias de manejo da pesca na Amazônia devem incluir esta espécie.

Agradecimentos

Agradeço aos pescadores que participaram da pesquisa. Aos meus colegas de laboratório pela ajuda no levantamento de dados. Ao apoio financeiro do projeto de pesquisa “Tracking Change: Local and Traditional Knowledge in Watershed

Governance” financiado pelo Social Science and Humanities Research Council (SSHRC) do governo do Canadá. As bolsas de iniciação científica e extensão (FAPERGS, FEENG e PROREXT).

Referências

- Abelha, M. C. F., Agostinho, A. A., & Goulart, E. 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 23: 425–434.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., & Pelicice, F. M. 2007. Estocagem. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil.
- Agostinho, A. A., Vitorino, O. B., & Pelicice, F. 2017. Riscos ambientais do cultivo de tilápia em tanques redes. *Sociedade Brasileira de Ictiologia*, N° 124: 1–9.
- Akama, A. 2017. Impacts of the hydroelectric power generation over the fish fauna of the Tocantins river, Brazil: Marabá dam, the final blow. *Oecologia Australis*.
- Albert, J. S., & Reis, R. E. 2011. *Historical biogeography of neotropical freshwater fishes*. Univ of California Press.
- Altieri, M. A. 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*.
- Agência Nacional de Águas- ANA. 2017. Plano Estratégico da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia, 204.
- Anderson, C., & Cabana, G. 2007. Estimating the trophic position of aquatic consumers in river food webs using stable nitrogen isotopes. *Journal of the North American Benthological Society*.
- Andrade, M. C., Winemiller, K. O., Barbosa, P. S., Fortunati, A., Chelazzi, D., Cincinelli, A., & Giarrizzo, T. 2019. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environmental Pollution*, 244: 766–773.
- Araujo-Lima, C. A. R. M., Forsberg, B. R., Victoria, R., & Martinelli, L. 1986. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, 234: 1256–1258.
- Arrington, D. A., Winemiller, K. O., Loftus, W. F., & Akin, S. 2002. How often do fishes “run on empty”? *Ecology*, 83(8): 2145-2151.
- Aswani, S., & Hamilton, R. J. 2004. Integrating indigenous ecological knowledge and customary sea tenure with marine and social science for conservation of bumphead parrotfish (*Bolbometopon muricatum*) in the Roviana Lagoon, Solomon Islands. *Environmental Conservation*, 31: 69–83.
- Athayde, S., Duarte, C. G., Gallardo, A. L. C. F., Moretto, E. M., Sangoi, L. A., Dibo, A.

- P. A., Siqueira-Gay, J., & Sánchez, L. E. 2019. Improving policies and instruments to address cumulative impacts of small hydropower in the Amazon. *Energy Policy*, 132, 265-271
- Barthem, R., Marques, M., Charvet-Almeida, P., & Montag, L. F. A. 2005. Amazon River basin: Characterization and environmental impacts due to deforestation. In: ECOSYSTEMS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT V.
- Bastos, W. R., Rebelo, M. D. F., Fonseca, M. D. F., De Almeida, R., & Malm, O. 2008. A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*.
- Begg, G. A., Friedland, K. D., & Pearce, J. B. 1999. Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: An overview. *Fisheries Research*, 43: 1–8.
- Begossi, A., Hanazaki, N., & Ramos, R. M. 2004. Food chain and the reasons for fish food taboos among Amazonian and Atlantic Forest fishers (Brazil). *Ecological Applications*.
- Begossi, A. 2008. Local knowledge and training towards management. In: *Environment, Development and Sustainability*.
- Begossi, A., & Silvano, R. A. M. 2008. Ecology and ethnoecology of dusky grouper [garoupa, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834)] along the coast of Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 4: 1–14.
- Bennemann, S. T., Capra, L. G., Galves, W., & Shibatta, O. A. 2006. Dinâmica trófica de *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes, Sciaenidae) em trechos de influência da represa Capivara (rios Paranapanema e Tibagi). *Iheringia - Serie Zoologia*, 96: 115–119.
- Nevado, J. J. B., Rodríguez Martín-Doimeadios, R. C., Guzmán Bernardo, F. J., Jiménez Moreno, M., Herculano, A. M., do Nascimento, J. L. M., & Crespo-López, M. E. 2010. Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: A review. *Environment International*, 36(6): 593-608.
- Bidone, E. D., Castilhos, Z. C., Cid De Souza, T. M., & Lacerda, L. D. 1997. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajos river basin, Para State, Amazon, Brazil: A screening approach. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59(2): 194-201.
- Bisi, T. L., Lepoint, G., Azevedo, A. D. F., Dorneles, P. R., Flach, L., Das, K., Malm, O., & Lailson-Brito, J. 2012. Trophic relationships and mercury biomagnification in Brazilian tropical coastal food webs. *Ecological Indicators*, 18, 291-302.
- Camargo, S. A. F. de, & Petrere Jr, M. 2004. Análise de risco aplicada ao manejo precaucionário das pescarias artesanais na região do reservatório da UHE-Tucuruí (Pará, Brasil). *Acta Amazonica*, 34: 473–485.
- Carpenter, S. R., & Kitchell, J. F. 1988. Consumer Control of Lake Productivity. *BioScience*, 38(11): 764-769.
- Carvalho, F., Power, M., Forsberg, B. R., Castello, L., Martins, E. G., & Freitas, C. E. C.

2018. Trophic Ecology of Arapaima sp. in a ria lake—river—floodplain transition zone of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 27(1): 237-246.
- Castello, L., Mcgrath, D. G., Hess, L. L., Coe, M. T., Lefebvre, P. A., Petry, P., Macedo, M. N., Renó, V. F., & Arantes, C. C. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters*, 6: 217–229.
- Casatti, L. 2013. Sciaenidae. In: Peixes do Rio Madeira. (L. J. de Queiroz, G. Torrente-Vilara, W. M. Ohara, T. H. da S. Pires, J. Zuanon, & C. R. da C. Doria, Orgs.) (3^o ed, Vol. III). São Paulo: *Dialeto Latin American Documentary*.
- Castello, L., Arantes, C. C., Mcgrath, D. G., Stewart, D. J., & De Sousa, F. S. 2015. Understanding fishing-induced extinctions in the Amazon. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(5): 587-598.
- Castello, L., & Macedo, M. N. 2016. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*, 22: 990–1007.
- Catelani, P. A., Petry, A. C., Pelicice, F. M., & Silvano, R. A. M. 2021. Fishers' knowledge on the ecology, impacts and benefits of the non-native peacock bass *Cichla kelberi* in a coastal river in southeastern Brazil. *Ethnobiology and Conservation*, 10: 04-16.
- Cetra, M., & Petrere, M. 2001. Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 8(2): 153-162.
- da Costa, S. A. G. L., Peretti, D., Pinto, J. E. M., Fernandes, M. A., & Gurgel, A. M. 2009. Espectro alimentar e variação sazonal da dieta de *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) na lagoa do Piató, Assu, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 31(3): 285-292.
- Dary, E. P., Ferreira, E., Zuanon, J., & Röpke, C. P. 2017. Diet and trophic structure of the fish assemblage in the mid-course of the Teles Pires river, Tapajós river basin, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15(4).
- dos Santos, N. C. L., Medeiros, T. do N., da Rocha, A. A. F., Dias, R. M., & Severi, W. 2014. Uso de recursos alimentares por *plagioscion squamosissimus* - piscívoro não-nativo no reservatório de Sobradinho-BA, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40(3): 397-408
- Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J. S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., Carpenter, S. R., Essington, T. E., Holt, R. D., Jackson, J. B. C., Marquis, R. J., Oksanen, L., Oksanen, T., Paine, R. T., Pickett, E. K., Ripple, W. J., Sandin, S. A., Scheffer, M., Schoener, T. W., Shurin, J. B., Sinclair, A. R. E., Soulé, M. E., Virtanen, R., & Wardle, D. A. 2011. Trophic downgrading of planet earth. *Science*, 333: 301–306.
- Fearnside, P. M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management*, 24: 483–495.
- Fearnside, P. M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in amazonia. *Environmental Management*, 27: 377–396.

- Fearnside, P. M. 2015. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. *Ambio*, 44(5): 426-439.
- Flecker, A. S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology*, 77(6): 1845-1854.
- Froese, R., & Pauly, D. 2020. Fish Base. World Wide Web electronic publication, version (2019).
- Fry, B. 2006. *Stable isotope ecology* (Vol. 521). New York: Springer.
- Hahn, N. S., Loureiro, V. E., & Delariva, R. L. 2008. Atividade alimentar da curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Perciformes, Sciaenidae) no rio Paraná. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 21: 309–314.
- Hallwass, G., Lopes, P. F., Juras, A. A., & Silvano, R. A. M. 2011. Fishing effort and catch composition of Urban market and rural villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management*, 47: 188–200.
- Hallwass, G., Lopes, P. F., Juras, A. A., & Silvano, R. A. M. 2013a. Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications*, 23(2): 392-407.
- Hallwass, G., Lopes, P. F. M., Juras, A. A., & Silvano, R. A. M. 2013b. Behavioral and environmental influences on fishing rewards and the outcomes of alternative management scenarios for large tropical rivers. *Journal of Environmental Management*, 128: 274-282
- Hallwass, G., & Silvano, R. A. M. 2016. Patterns of selectiveness in the Amazonian freshwater fisheries: implications for management. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59: 1537–1559.
- Hallwass, G., Schiavetti, A., & Silvano, R. A. M. 2020. Fishers' knowledge indicates temporal changes in composition and abundance of fishing resources in Amazon protected areas. *Animal Conservation*, 23(1): 36-47.
- Hannides, C. C. S., Popp, B. N., Landry, M. R., & Graham, B. S. 2009. Quantification of zooplankton trophic position in the North Pacific Subtropical Gyre using stable nitrogen isotopes. *Limnology and Oceanography*, 54(1): 50-61.
- Hawes, J. E., & Peres, C. A. 2014. Fruit-frugivore interactions in Amazonian seasonally flooded and unflooded forests. *Journal of Tropical Ecology*, 381-399.
- Holmlund, C. M., & Hammer, M. 1999. Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29(2): 253-268.
- Huntington, H. P. 2000. Using traditional ecological knowledge in science: Methods and applications. *Ecological Applications*, 10: 1270–1274.
- Hussey, N. E., Macneil, M. A., Mcmeans, B. C., Olin, J. A., Dudley, S. F. J., Cliff, G., Wintner, S. P., Fennessy, S. T., & Fisk, A. T. 2014. Rescaling the trophic structure of marine food webs. *Ecology Letters*, 17: 239–250.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- ICMBio. 2019. Sumário

executivo do Plano de Ação Nacional para a conservação dos Mamíferos Aquáticos Amazônicos.

- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade- ICMBio. 2009. Planos de Manejo das Florestas Nacionais do Jamanxim, do Crepori e do Amana, no estado do Pará.
- 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), 2229-2242.
- Johannes, R. E., Freeman, M. M. R., & Hamilton, R. J. 2000. Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries*, 1(3): 257-271
- Juras, A. A., Rocha, J. C., & Cintra, I. H. A. 2005. RELAÇÃO PESO/COMPRIMENTO DA PESCADA-BRANCA, *Plagioscion squamosissimus* (HECKEL, 1840), no reservatório da usina hidrelétrica de tucuruí - Pará. *Boletim Técnico Científico do CEPNOR*, 5: 105–113.
- Keppeler, F. W., Hallwass, G., & Silvano, R. A. M. 2017. Influence of protected areas on fish assemblages and fisheries in a large tropical river. *Oryx*, 51: 268–279.
- Keppeler, F. W., de Souza, A. C., Hallwass, G., Begossi, A., de Almeida, M. C., Isaac, V. J., & Silvano, R. A. M. 2018. Ecological influences of human population size and distance to urban centres on fish communities in tropical lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 28: 1030–1043.
- Kominoski, J. S., & Rosemond, A. D. 2012. Conservation from the bottom up: Forecasting effects of global change on dynamics of organic matter and management needs for river networks. *Freshwater Science*, 31(1), 51-68.
- Lailson-Brito Jr., J., Dorneles, P. R., da Silva, V. M. F., Martin, A. R., Bastos, W. R., Azevedo-Silva, C. E., Azevedo, A. F., Torres, J. P. M., & Malm, O. 2008. Dolphins as indicators of micropollutant trophic flow in Amazon Basin. *Oecologia Australis*, 12(3): 12.
- Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C., & Sinha, R. 2005. Tropical rivers. *Geomorphology*, 70: 187–206.
- Lucas, C. M. 2008. Within flood season variation in fruit consumption and seed dispersal by two characin fishes of the Amazon. *Biotropica*, 40(5): 581-589
- Malm, O., Branches, F. J. P., Akagi, H., Castro, M. B., Pfeiffer, W. C., Harada, M., Bastos, W. R., & Kato, H. 1995. Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil. *Science of the Total Environment*, 175(2): 141-150.
- Manzan, M. F., & Lopes, P. F. M. 2016. The behavior of the estuarine dolphin (*Sotalia guianensis*, van Bénédén, 1864) according to fishermen from different fishing environments. *Ocean and Coastal Management*, 130: 229-238.
- Marshall, B. G., Forsberg, B. R., & Thomé-Souza, M. J. F. 2008. Autotrophic energy sources for *Paracheirodon axelrodi* (Osteichthyes, Characidae) in the middle Negro

- River, Central Amazon, Brazil. *Hydrobiologia*, 596(1): 95-103.
- Mérona, B. de, & Rankin-de-Mérona, J. 2004. Food resource partitioning in a fish community of the central Amazon floodplain. *Neotropical Ichthyology*, 2: 75-84.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA. 2006. Caderno da Região Hidrográfica Amazônica. *Ministério do Meio Ambiente*.
- Nowlin, W. H., Drenner, R. W., Guckenberger, K. R., Laudén, M. A., Alonso, G. T., Fennell, J. E., & Smith, J. L. 2006. Gape limitation, prey size refuges and the top-down impacts of piscivorous largemouth bass in shallow pond ecosystems. *Hydrobiologia*, 563(1): 357-369
- Nunes, D. M., Hartz, S. M., & Silvano, R. A. M. 2011. Conhecimento ecológico local e científico sobre os peixes na pesca artesanal no sul do Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 37(3): 209-223.
- Padial, A. A., Agostinho, Â. A., Azevedo-Santos, V. M., Frehse, F. A., Lima-Junior, D. P., Magalhães, A. L. B., Mormul, R. P., Pelicice, F. M., Bezerra, L. A. V., Orsi, M. L., Petreire-Junior, M., & Vitule, J. R. S. 2017. The “Tilapia Law” encouraging non-native fish threatens Amazonian River basins. *Biodiversity and Conservation*, 26(1): 243-246
- Parente, V. de M., & Batista, V. da S. 2005. A organização do desembarque e o comércio de pescado na década de 1990 em Manaus, Amazonas. *Acta Amazonica*, 35: 375–382.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., & Torres, F. 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860–863.
- Pelicice, F. M., Azevedo-Santos, V. M., Vitule, J. R. S., Orsi, M. L., Lima Junior, D. P., Magalhães, A. L. B., Pompeu, P. S., Petreire, M., & Agostinho, A. A. 2017. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. *Fish and Fisheries*, 18(6): 1119-1133
- Pendleton, R. M., Hoeninghaus, D. J., Gomes, L. C., & Agostinho, A. A. 2014. Loss of rare fish species from tropical floodplain food webs affects community structure and ecosystem multifunctionality in a mesocosm experiment. *PLoS ONE*.
- Pereira, A. L., & Benedito, E. 2007. Isótopos estáveis em estudos ecológicos : métodos , aplicações e perspectivas. *Converter*.
- Poizat, G., & Baran, E. 1997. Fishermen’s knowledge as background information in tropical fish ecology: A quantitative comparison with fish sampling results. *Environmental Biology of Fishes*, 50(4): 435-449.
- Post, D. M. 2002. Using Stable Isotopes To Estimate Trophic Position: Models, Methods, and Assumptions. *Ecology*, 83: 703–718. doi:10.1890/0012-9658(2002)083
- Quezada-Romegialli, C., Jackson, A. L., Hayden, B., Kahilainen, K. K., Lopes, C., & Harrod, C. 2018. tRophicPosition, an R package for the Bayesian estimation of trophic position from consumer stable isotope ratios. *Methods in Ecology and Evolution*, 9: 1592–1599.

- Ramires, M., Clauzet, M., Barrella, W., Rotundo, M. M., Silvano, R. A. M., & Begossi, A. 2015. Fishers' knowledge about fish trophic interactions in the southeastern Brazilian coast. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11(1): 19.
- 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.
- 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.
- Rubenstein, D. R., & Hobson, K. A. 2004. From birds to butterflies: Animal movement patterns and stable isotopes. *Trends in Ecology and Evolution*, 19: 256–263.
- Ruffino, M. L. 2004. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira. *IBAMA/ProVárzea*.
- Runde, A., Hallwass, G., & Silvano, R. A. M. 2020. Fishers' Knowledge Indicates Extensive Socioecological Impacts Downstream of Proposed Dams in a Tropical River. *One Earth*.
- Santos, G. M., Ferreira, E. J. G., & Zuanon, J. A. S. 2006. Peixes comerciais de Manaus.
- Santos, R. E., Pinto-Coelho, R. M., Drumond, M. A., Fonseca, R., & Zanchi, F. B. 2020. Damming Amazon Rivers: Environmental impacts of hydroelectric dams on Brazil's Madeira River according to local fishers' perception. *Ambio*, 49: 1612–1628.
- Scheffer, M., Carpenter, S., & De Young, B. 2005. Cascading effects of overfishing marine systems. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(11): 579-581.
- Silvano, R. A.M., & Begossi, A. 1998. The artisanal fishery of the river piracicaba (São Paulo, Brazil): Fish landing composition and environmental alterations. *Italian Journal of Zoology*, 65: 527-531.
- Silvano, R. A.M., & Begossi, A. 2001. Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research*, 51(1): 69-86.
- Silvano, R.A.M., & Begossi, A. 2002. Ethnoichthyology and Fish Conservation in the Piracicaba River (Brazil). *Journal of Ethnobiology*, 22: 285-306.
- Silvano, R. A.M., & Begossi, A. 2005. Local knowledge on a cosmopolitan fish: Ethnoecology of *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) in Brazil and Australia. *Fisheries Research*, 71: 43–59.
- Silvano, R. A.M., MacCord, P. F. L., Lima, R. V., & Begossi, A. 2006. When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 76: 371-386.
- Silvano, R. A.M., Silva, A. L., Ceroni, M., & Begossi, A. 2008. Contributions of ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18: 241-260.
- Silvano, R. A.M., & Valbo-Jørgensen, J. 2008. Beyond fishermen's tales: Contributions

- of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. In: *Environment, Development and Sustainability*, 10: 657.
- Silvano, R. A.M., & 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*.
- Silvano, R. A.M., & Begossi, A. 2016. From Ethnobiology to Ecotoxicology: Fishers' Knowledge on Trophic Levels as Indicator of Bioaccumulation in Tropical Marine and Freshwater Fishes. *Ecosystems*, 19: 1310–1324.
- Stapp, P. 2002. Stable isotopes reveal evidence of predation by ship rats on seabirds on the Shiant Islands, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 39: 831-840.
- Stefani, P. M., & Rocha, O. 2009. Diet composition of *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840), a fish introduced into the Tietê River system. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 805-812.
- Vander Zanden, M. J., & Rasmussen, J. B. 1996. A trophic position model of pelagic food webs: Impact on contaminant bioaccumulation in lake trout. *Ecological Monographs*, 66: 451-477.
- Vander Zanden, M.J., Cabana, G., & Rasmussen, J. B. 1997. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ($\delta^{15}\text{N}$) and literature dietary data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 1142–1158.
- Walker, R. T. 2017. Ocekadi: hidrelétricas, conflitos socioambientais e resistência na Bacia do Tapajós ed. by Daniela Fernandes Alarcon, Brent Millikan, Mauricio Torres. *Journal of Latin American Geography*, 16: 205-207.
- Welcomme, R. L. 1999. A review of a model for qualitative evaluation of exploitation levels in multi-species fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 6: 1-19.
- Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I. G., Darwall, W., Lujan, N. K., Harrison, I., Stiassny, M. L. J., Silvano, R. A. M., Fitzgerald, D. B., Pelicice, F. M., Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Albert, J. S., Baran, E., Petrere, M., Zarfl, C., Mulligan, M., Sullivan, J. P., Arantes, C. C., Sousa, L. M., Koning, A. A., Hoeninghaus, D. J., Sabaj, M., Lundberg, J. G., Armbruster, J., Thieme, M. L., Petry, P., Zuanon, J., Torrente Vilara, G., Snoeks, J., Ou, C., Rainboth, W., Pavanelli, C. S., Akama, A., Van Soesbergen, A., & Sáenz, L. 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351: 128–129.
- Zuluaga-Gómez, M. A., Fitzgerald, D. B., Giarrizzo, T., & Winemiller, K. O. 2016. Morphologic and trophic diversity of fish assemblages in rapids of the Xingu River, a major Amazon tributary and region of endemism. *Environmental Biology of Fishes*, 99: 647–658.

Figuras

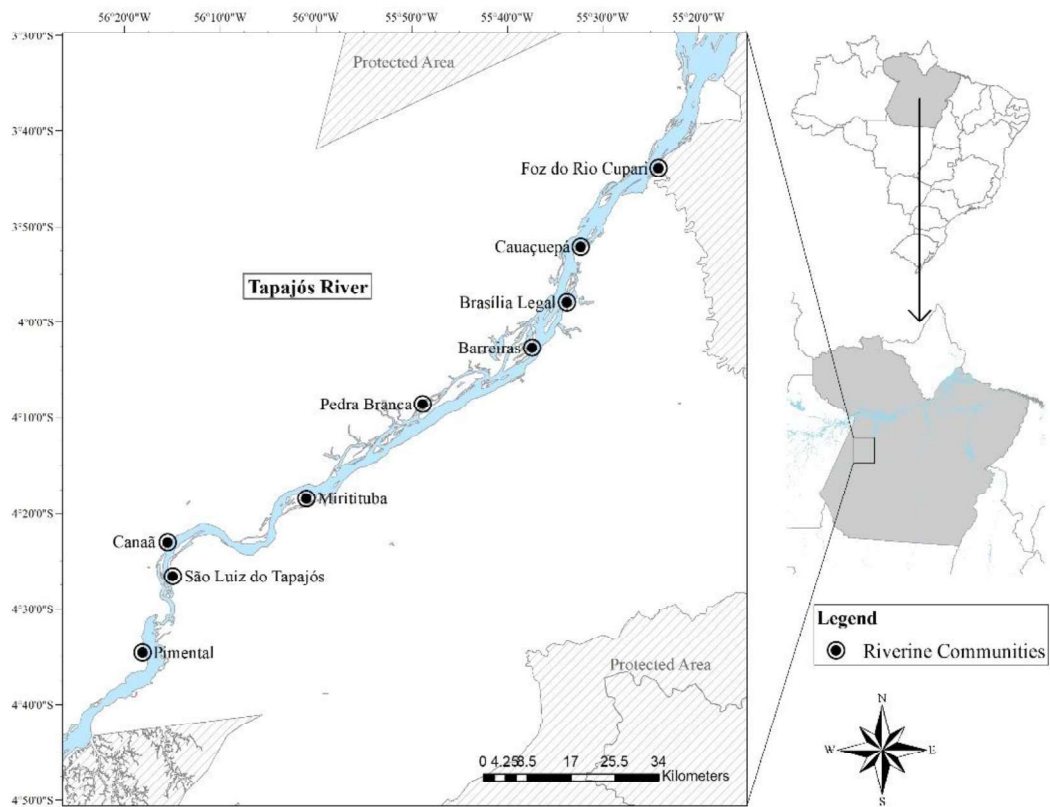


Figura 1: Mapa mostrando a região do médio Rio Tapajós, na Amazônia Brasileira, sinalizando (círculo escuro) as comunidades ribeirinhas onde foram realizadas as coletas de peixes e entrevistas.

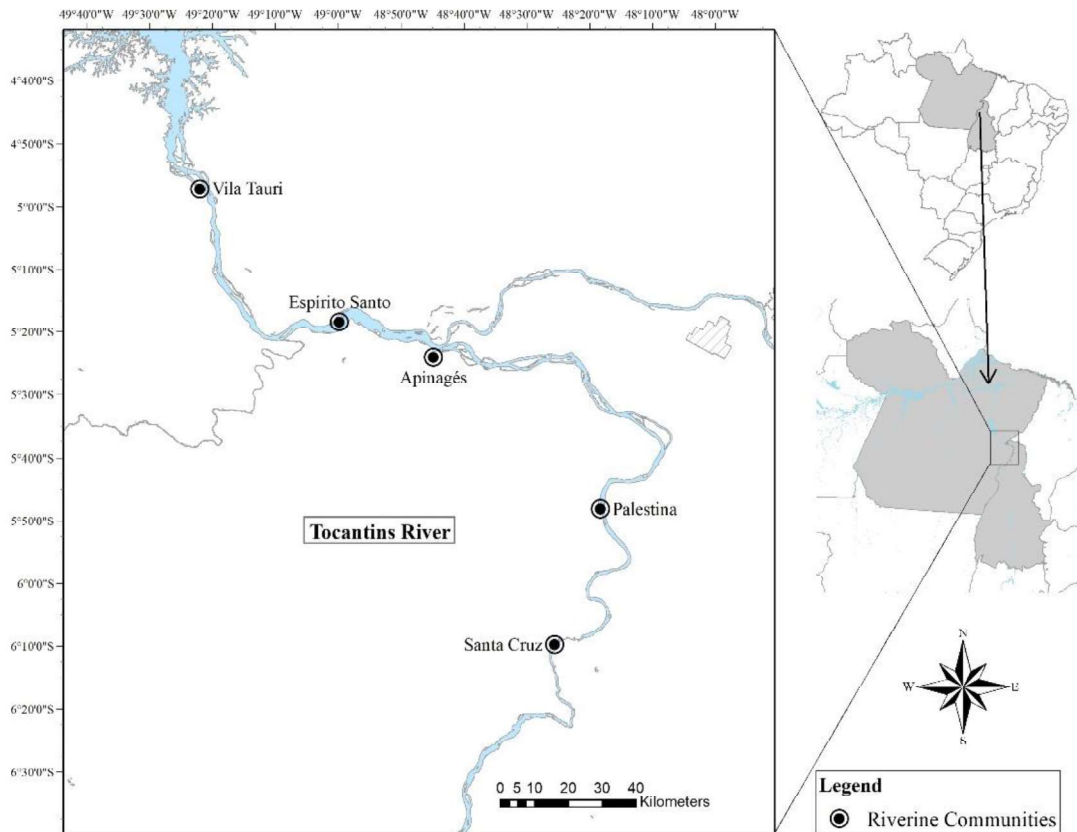


Figura 2: Mapa mostrando a região do médio Rio Tocantins, na Amazônia Brasileira, sinalizando (círculo escuro) as comunidades ribeirinhas onde foram realizadas as coletas de peixes e entrevistas

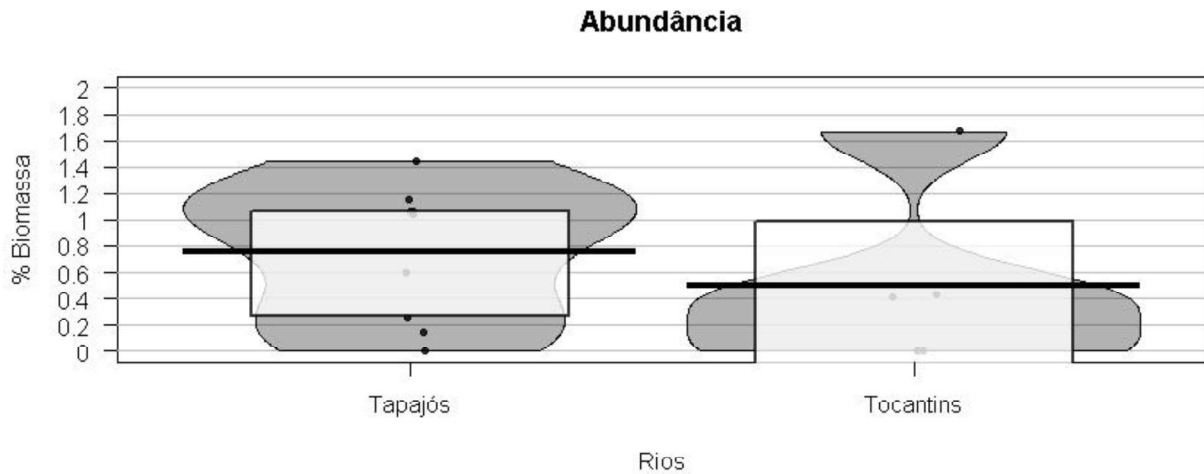


Figura 3: Comparação da abundância relativa (Peso (kg) pescada coletado/Peso (kg) total coletado) da pescada entre o rio Tapajós e o rio Tocantins (valores em logaritmo). Média (linha vertical mais escura), distribuição dos dados (cinza), dados brutos (pontos), intervalo de confiança (retângulo). Teste-t de Welch ($t = -0,76$, $df = 12$, $p = 0,45$).

Importância para pesca

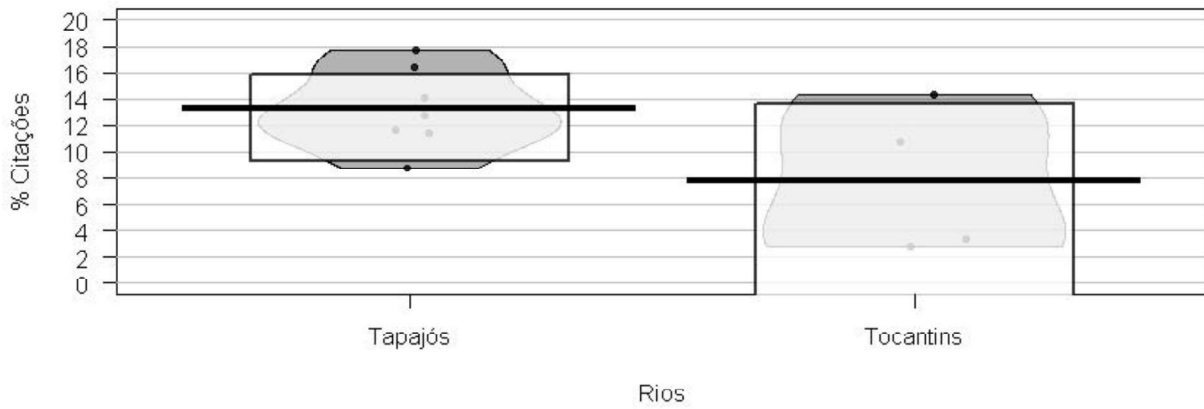


Figura 4: Comparação da porcentagem de citações (Citações de pescada/Total de Citações) entre o rio Tapajós (n pescada=62, n total=490) e o rio Tocantins (n pescada=7, n total= 150). Média (linha vertical mais escura), distribuição dos dados (cinza), dados brutos (pontos), intervalo de confiança (retângulo). Teste-t de Welch (t unilateral = 2,1, df = 9, p = 0.03).

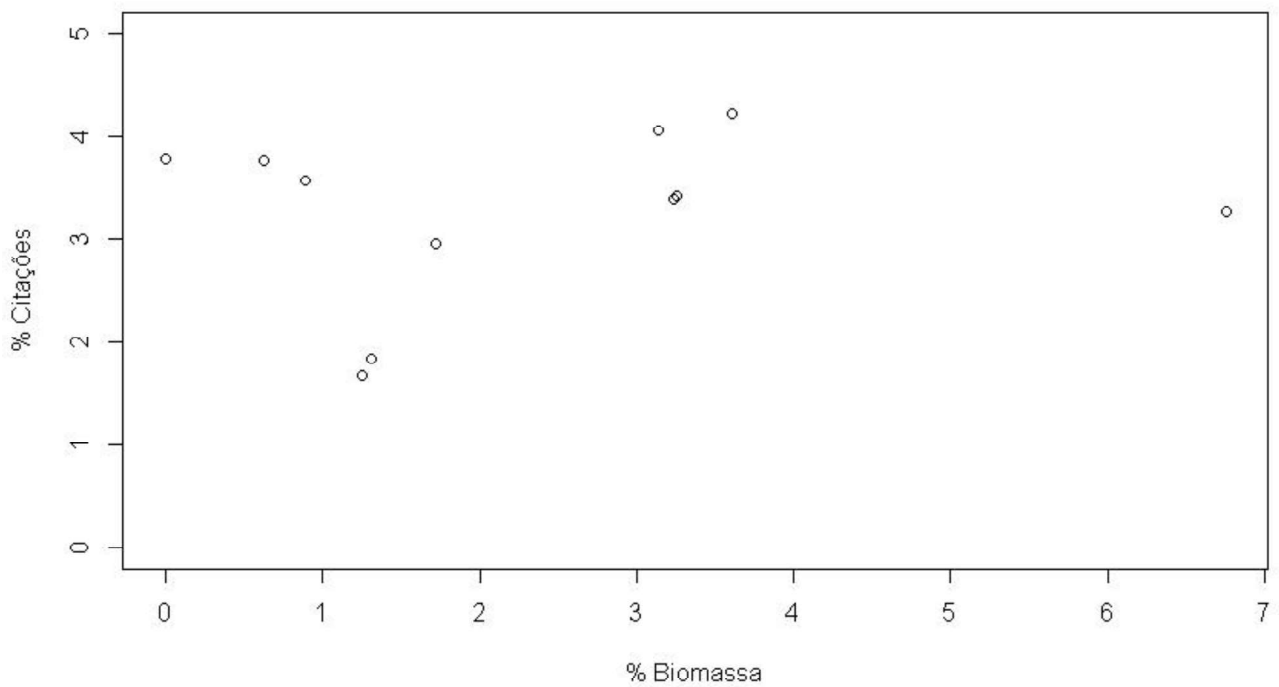


Figura 5: Relação entre a abundância (% Biomassa) e a captura na pesca (% Citações) da pescada em 11 comunidades estudadas nos rios Tapajós e Tocantins (Valores em Raiz quadrada). Correlação de Pearson ($r= 0,19$, $t = 0,59$, $df = 9$, $p= 0,56$).

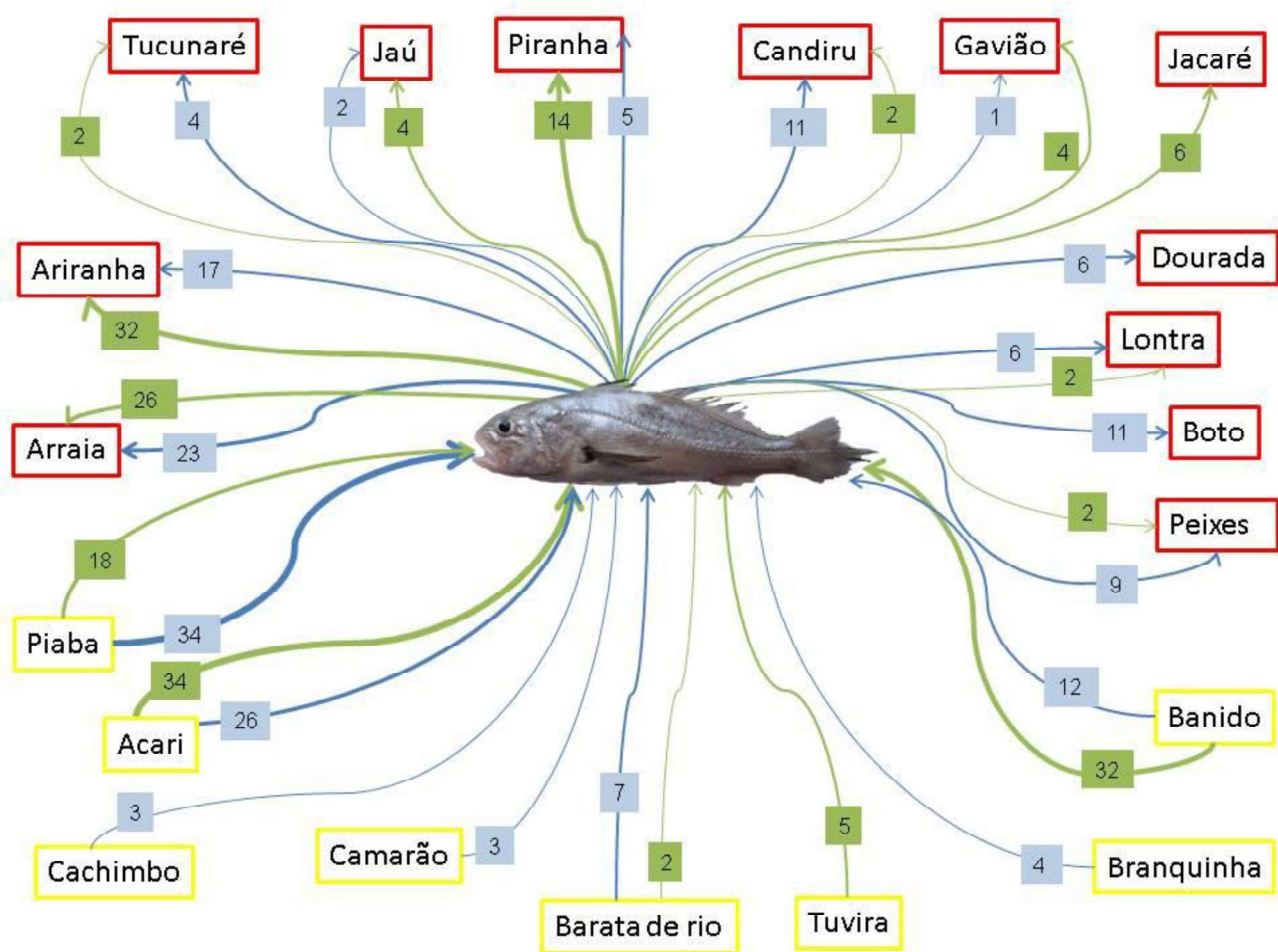


Figura 6: Diagrama de interação com base no conhecimento dos pescadores sobre as presas (amarelo) e predadores (vermelho) da pescada no rio Tapajós (Azul) e no Tocantins (verde), com as porcentagens de pescadores que citaram cada item alimentar (retângulos). No Rio Tapajós foram 150 citações de presas e 129 citações de predadores. No Rio Tocantins foram 56 citações de presas e 50 citações de predadores

Tabelas

Tabela 1: Correspondência dos nomes populares e respectivas denominações científicas dos itens alimentares da pescada e porcentagem de citações (*) em entrevistas com os pescadores nos rios Tapajós e Tocantins.

Nome popular	Denominação científica	Tapajós*	Tocantins*
Piaba	Characidae	34%	18%
Acari	Loricariidae	26%	34%
Banido	Não identificado	12%	32%
Barata de rio	Não identificado	7%	2%
Branquinha	Curimatidae	4%	0%
Cachimbo	Não identificado	3%	0%
Camarão	Principalmente <i>Macrobrachium amazonicum</i>	3%	0%
Caranguejo	Não identificado	2%	0%
Charuto	<i>Hemiodus spp.</i> , <i>Argonectes spp.</i>	2%	0%
Insetos	Não identificado	1%	0%
Lodo	Não identificado	1%	0%
Mandi	<i>Pimelodus spp.</i>	1%	2%
Tudo	Não identificado	1%	2%
Peixes	Não identificado	2%	0%
Peixe-duro	<i>Caenotropus spp.</i>	1%	0%
João Duro	<i>Caenotropus spp.</i>	1%	0%
Sapo	Não identificado	0%	2%
Sarapó	<i>Hypopygus spp.</i> , <i>Microsternarchus spp.</i>	0%	2%
Sardinha	<i>Triportheus spp.</i>	0%	2%
Tuvira	<i>Sternopygus spp.</i> , <i>Gymnotus spp.</i>	0%	5%

Tabela 2: Correspondência dos nomes populares e respectivas denominações científicas dos predadores da pescada e porcentagem de citações (*) em entrevistas com os pescadores nos rios Tapajós e Tocantins.

Nome popular	Denominação científica	Tapajós*	Tocantins*
Arraia	Potamotrygonidae	23%	26%
Ariranha	<i>Pteronura brasiliensis</i>	17%	32%
Boto	<i>Inia geoffrensis</i> ; <i>I. araguaiaensis</i> ; <i>Sotalia fluviatilis</i>	11%	0%
Candiru	Siluriforme	11%	2%
Dourada	<i>Brachyplatystoma rousseauxi</i>	6%	0%
Lontra	<i>Lontra longicaudis</i>	6%	2%
Piranha	Serrasalmus	5%	14%
Peixes	Não identificado	9%	2%
Pescada	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	3%	2%
Tucunaré	<i>Cichla spp.</i>	2%	4%
Tudo	Não identificado	2%	2%
Jaú	<i>Zungaro zungaro</i>	2%	4%
Filhote	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	1%	0%
Garça	Não identificado	1%	0%
Gavião	Não identificado	1%	4%
Pirarara	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	1%	0%
Pirarucu	<i>Arapaima gigas</i>	1%	0%
Jacaré	Não identificado	0%	6%